

HYDROBIOLOGIA

ACTA HYDROBIOLOGICA, LIMNOLOGICA ET
PROTISTOLOGICA

EDITORES:

Gunnar Alm
Drottningholm

H. d'Ancona
Padova

Kaj Berg
København

E. Fauré-Fremiet
Paris

F. E. Fritsch
London

K. Ström
Oslo

P. van Oye
Gent

W. R. Taylor
Ann Arbor

N. Wibaut-Isbree Moens
Amsterdam


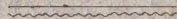
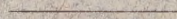




HYDROBIOLOGIA publishes original articles in the field of Hydrobiology, Limnology and Protistology. It will include investigations in the field of marine and freshwater Zoo- and Phytobiology, embracing also research on the Systematics and Taxonomy of the groups covered. Preliminary notices, polemics, and articles published elsewhere will not be accepted. The journal, however, contains reviews of recent books and papers.

Four numbers of the journal are published every year. Each number averages about 100 pages. Contributions must be clearly and concisely composed. They must be submitted in grammatically correct English, French, German, Italian or Spanish. Long historical introductions are not accepted. Protocols should be limited. Names of animals and plants must be given according to the laws of binominal nomenclature adopted at the recent International Congresses of Zoology and of Botany, including the author's name; it is desirable that the latter should be given in full. Measures and weights should be given in the decimal system. Every paper has to be accompanied by a short summary, and by a second one, written in an alternative language.

Manuscripts should be typewritten in double spacing on one side of the paper. The original should be sent. Original drawings should be submitted. Text figures will be reproduced by line engraving and hence should not include any shading, although figures which cannot be reproduced in this manner will be accepted if necessary. All drawings should be made on separate sheets of white paper, the reduction desired should be clearly indicated on the margin. The approximate position of text-figures should be indicated on the manuscript. A condensed title, should be cited as follows: in the text — AHLSTROM (1934); in the references - AHLSTROM, E. H., 1934. Rotatoria of Florida; *Trans. Amer. Micr. Soc.* 53: 252—266. In the case of a book in the text - HARVEY (1945); in the references - HARVEY, H. W.: Recent Advances in the Chemistry and Biology of Sea Water, Cambridge Univ. Pr., London 1945. Author's names are to be marked for printing in small capitals, latin names of animals and plants should be underlined to be printed in italics.

The various types of printing should be indicated by underlining the words in the following way:

- | | |
|---|---|
|  | CAPITALS, e.g. for headlines; preferably <i>not</i> in the text. |
|  | or straight blue line: SMALL CAPITALS, e.g. <i>all</i> names of persons, both in the text and in the references. |
|  | heavy type, e.g. for sub-titles; preferably <i>not</i> in the text. |
|  | or straight red line: <i>italics</i> , e.g. <i>all</i> Latin names of plants and animals, except those in lists and tables. |
|  | spaced type. |

Manuscripts may be sent to any member of the board of editors or directly to the *hon. secretary*, Prof. Dr P. van Oye, 30, St. Lievenslaan, Ghent, Belgium, to whom proofs must be returned after being clearly corrected. Fifty free reprints of the paper with covers will be furnished by the publishers. Orders for additional copies should be noted on the form which is enclosed with the galleyproofs.

Books and reprints are to be sent to the honorary secretary directly.

5856-274

Contribution nouvelle à l'étude des ferrobacteriacées

(première partie)

par

GEORGES VAN BENEDEN

SOMMAIRE

Introduction	1
Rôle et action des ferrobactériacées dans la nature	3
Classification	8
Morphologie des ferrobactériacées	13
Physiologie des bactéries ferrugineuses	30
Remarques écologiques	37
Essais de culture	38
Recherche et dosage des vitamines	47
Conclusion de la première partie	48
Bibliographie générale	57

INTRODUCTION

Etudiant le rôle des bactéries ferrugineuses dans les piscines, nous avons été amenés à suivre leur évolution et leur développement en remontant jusqu'à leur lieu d'origine, c'est-à-dire les différents horizons des sols, en passant par les canalisations d'amenée, les réservoirs, les galeries captantes, les drains, les puits, les sources, ou par les lacs naturels ou artificiels, les ruisseaux, les marécages, les tourbières.

A la suite de très nombreux travaux déjà parus, nous avons dû nous attacher à éclaircir plus d'un point obscur touchant la morphologie et la physiologie de ces organismes.

Si l'on veut mieux saisir l'importance et la nature des dégradations dont elles sont la cause, et choisir à coup sûr les moyens de lutte les plus efficaces, si au contraire, dans certains cas on peut

leur attribuer un rôle utile, il importe pour ces raisons de bien connaître ces organismes. Les recherches qui vont suivre trouveront là, leur justification.

S'agit-il de les conserver ou de les éliminer? Il n'est pas indifférent alors de savoir si l'on a affaire à des êtres autotrophes ou hétérotrophes; il n'est pas non plus permis d'ignorer les relations qui existent entre les ferrobactériacées et la flore banale des eaux et des sols.

La flore bactérienne d'une eau potable, d'une eau de ruisseau ou d'une rivière, d'une eau de tourbière, dépend avant tout des caractères du sol où cette eau a pris naissance, ou des sols qu'elle traverse à une vitesse qui peut être rapide ou très ralentie. Pour obtenir l'image bactérienne spécifique d'une eau, il faudrait d'abord posséder les données essentielles de la bactériologie du sol. La vie même du sol ne peut se concevoir sans l'existence de la phase liquide; et, quand à la suite de phénomènes naturels ou artificiels, cette infinité de capillaires se réunissent en un vaisseau principal, la vie s'y poursuit sans solution de continuité et dans des conditions qui restent à déterminer exactement; de sorte que l'analyse bactériologique d'une eau devrait toujours impliquer l'analyse bactériologique du sol.

Si les ferrobactériacées sont autotrophes, c'est-à-dire, si elle peuvent faire la synthèse de leur protoplasma, en partant d'éléments minéraux exclusivement, utilisant l'H, O, C, N de CO_2 , de H_2O et de l'N minéral, ou si elles sont des organismes hétérotrophes qui ont besoin pour leur subsistance de matières organiques assimilables, tout comme les bactéries saprophytes et pathogènes, notre tactique sera différente.

Si l'eau contient du fer sans matières organiques ou si au contraire, elle contient des matières organiques sans fer soluble, il nous faudra prendre des dispositions appropriées. Le plus simple peut être parfois d'éliminer ces deux substances; mais dans bien des cas, la modification profonde de la nature de l'eau, conséquence des traitements, n'est pas toujours souhaitable.

Partout où il y a des ferrobactériacées, on trouve toujours les accompagnant, une flore abondante de coccis, de microcoques, de bacilles. Sans doute quelques-uns peuvent s'y trouver en commensaux n'ayant avec les premières rien d'autre que des relations de voisinage ou de simple contiguité. La plupart cependant ont des rapports directs avec les ferrobactériacées soit qu'elles les suivent, soit qu'elles les précèdent dans leur évolution classique.

La physiologie et la morphologie comparées amènent fatalement au concept de pléiomorphisme caractérisé. Non seulement les nombreuses espèces décrites ne seraient que des formes différentes d'un même organisme; mais cet organisme à l'origine ne se différencierait

nullement d'un simple bacille, d'un cocci ou d'un microcoque dont l'évolution et les facultés d'adaptation seraient remarquables.

L'on peut jeter ainsi un regard nouveau sur la question des mutations et de l'évolution des espèces, sur le plan microbien.

Ces études contribueront à une meilleure connaissance de la bactériologie des sols, des eaux, des causes de pullulation des ferrobactériées et en général de l'hygiène des eaux potables. Ajoutons enfin que des questions de symbiose, d'antibiose, d'élaboration de produits biotiques se posent à leur sujet.

RÔLE et ACTION des FERROBACTÉRIACÉES dans la NATURE

Il y a plus d'un siècle qu'ont paru les premiers travaux sur les bactéries ferrugineuses. Depuis lors de très nombreux chercheurs se sont penchés sur ces problèmes et nos connaissances touchant les caractères morphologiques se sont fixées avec assez de certitude pour quelques-unes d'entre elles. Leur physiologie par contre a suscité de grands débats et les discussions ne sont pas encore closes aujourd'hui.

Une des raisons pour lesquelles, l'étude de ces bactéries a fait relativement peu de progrès, réside dans l'absence de milieux de culture qui leur soient vraiment appropriés. Leur faculté d'adaptation et de mutation, leur évolution morphologique sont telles que l'on s'égare souvent en classant de nouvelles espèces, qui la plupart du temps sont des formes différentes d'un même organisme; ajoutons que maintes fois un même organisme a été observé par plusieurs auteurs sous des noms différents; enfin les conditions qui permettent l'isolement et la culture s'écartent tellement des conditions naturelles, que l'on ne peut pas toujours transposer les constatations faites *in vitro* et en tirer des déductions valables *in vivo*.

L'étude des bactéries ferrugineuses, au point de vue scientifique présente un très grand intérêt; car de grands problèmes de physiologie, de génétique, de systématique, de chimie biologique y sont attachés.

Pour le technicien, les connaissances acquises dans ces domaines seront subordonnées à un intérêt pratique immédiat: connaître exactement leur rôle dans la nature, utile ou nuisible, saisir les dégradations dont elles sont la cause, rechercher les moyens de lutte les mieux appropriés.

On ne se rend pas toujours compte de l'importance et de la gravité des problèmes que les bactéries ferrugineuses peuvent susciter, de leur action sur les caractères des sols où elles pullulent et sur le comportement des eaux qui en dérivent.

On trouvera ces organismes dans les ruisseaux, dans les réservoirs, les étangs, les drains, les lacs, sur les murs des barrages, dans les canalisations, sur les vannes, dans la vase, dans les boues, dans les lits bactériens, dans les filtres, dans les piscines etc.

Cependant, les analyses bactériologiques des eaux les ignorent toujours, soit que les milieux utilisés ne leurs conviennent pas et qu'elles n'apparaissent pas sur ceux-ci, soit qu'à certaines époques de végétation elles fassent apparaître une flore particulière différente des formes classiques, liquéfiant la gélatine; faute d'investigations plus poussées, ce caractère et le nombre de colonies suffit souvent à faire condamner l'eau à tort.

Alors que l'eau non souillée est un milieu qui ne convient nullement au développement des espèces saprophytes et pathogènes, certaines eaux par contre dont les normes répondent aux exigences des eaux potables, constituent un milieu idéal pour la pullulation des bactéries ferrugineuses.

Leur développement prend parfois une extension telle, que l'on assiste à un véritable envahissement des galeries, des réservoirs, des canalisations etc. On ne peut pas aborder l'importante question de la rouille, de la corrosion et des obstructions des conduites, sans envisager l'action de ces microorganismes. Dans des réservoirs, on observe parfois des masses d'un volume de un demi m³ et plus, de couleur jaune clair ou brun foncé, constituées de nodules mucilagineux noyés dans une masse d'argile et d'oxyde de fer; le tout ayant la consistance d'une gelée gardant pour un temps la forme du récipient dans laquelle on la place. Parfois au plafond des galeries, pendent des stalactites épais ayant la même constitution et pouvant atteindre jusqu'à 40 cm. de longueur. C'est le moment de rappeler le cas classique du réservoir de Cheltenham en Angleterre qui en 1896, fut complètement envahi par les bactéries ferrugineuses; des dépôts brun rouge se formèrent en abondance; l'eau devint trouble et de couleur rouge jusqu'aux habitations; elle dégageait une odeur désagréable et présentait une teneur en matières organiques considérable.

Quoique les bactéries ferrugineuses aient déjà fait l'objet d'études avant cette date, ce fut cependant à cette occasion que des recherches scientifiques furent entreprises pour aborder le problème du point de vue pratique.

Dans les prairies humides et marécageuses, dans les bois, on voit souvent des mares pleines d'ocre; celle-ci a fréquemment une origine biologique et n'est pas toujours en corrélation avec une source ferrugineuse proprement dite.

Dans les tourbières coupées par des fossés de drainage, on constate des phénomènes analogues; la coupe de ces fossés présente

de haut en bas, une couche de sphaignes mortes, une couche de tourbe noire et enfin une couche d'argile blanche. L'eau qui a pénétré loin en amont, à travers la sphaigne vivante est très riche en oxygène et ne contient pas de bactéries ferrugineuses. Au fur et à mesure qu'elle pénètre dans les couches profondes, l'oxygène disparaît; après un trajet qui peut être long au travers de ces couches réductrices, l'eau fait son apparition au niveau du fossé; elle est noire, très réductrice et généralement très acide, très riches en matières humiques et contenant un peu de fer complexé par l'acide humique; elle s'étale sur la tranche d'argile blanche mise à jour lors du creusement du fossé; au cours de ce ruissellement l'eau subit l'action de l'oxygène de l'air; à ce moment les bactéries ferrugineuses ne tardent pas à se développer en abondance, marquant cette tranche de saignées rougeâtres qui se poursuivent dans le lit des fossés et des ruisseaux.

Bien des observateurs ont cru voir là, l'indice d'une source ferrugineuse voisine; il n'en est rien; l'ocre présente a une origine purement biologique; si à certains endroits de la rigole où l'eau est stagnante, on peut trouver du fer soluble en plus grande quantité, cela tient à ce que la phase réductrice peut reprendre la prépondérance en cet endroit, soit par un amas de tourbe dont les acides solubilisent l'ocre, soit que la flore réductrice de la vase permet avec l'acide carbonique, la solubilisation à l'état de bicarbonate ferreux, du fer réduit.

Le cas des ornières et des petites mares dans les chemins forestiers est lui aussi très caractéristique; le fond argileux recèle à une certaine profondeur une flore réductrice abondante; du fer ferreux est solubilisé dans les couches inférieures grâce à l'acide carbonique; sur les parois de l'ornière et dans le fond mais non enfouies dans la vase, apparaissent les bactéries ferrugineuses qui enlèvent et fixent la plus grande part du fer soluble; celui-ci aurait bien pu se précipiter uniquement par voie chimique sous l'effet de l'oxygène de l'air; mais sédimentant alors jusque dans la partie réductrice, il serait à nouveau solubilisé; tandis que la réaction devient irréversible, une fois que le fer est fixé par les bactéries ferrugineuses qui marquent ainsi la limite de séparation entre les zones oxydante et réductrice de cette portion de sol.

Les pièces métalliques, les piquets en fer enfoncés dans certains sols humides, dans la vase de certains étangs ou des lacs font apparaître en les accentuant souvent des phénomènes semblables.

L'obstruction des conduites alimentées par des eaux riches en bactéries ferrugineuses permet les observations suivantes: au début du parcours, les bactéries s'accrochent aux parois et produisent une zooglé; à l'intérieur et à l'extérieur de cette zooglé, elles prolifèrent et étendent petit à petit ce mucilage vers l'aval sur de très

grandes longueurs. Si les bactéries meurent, le dépôt d'ocre persiste et reste attaché au tuyau; il constitue un point d'attache pour un nouveau cycle de végétation; ainsi de saison en saison, la lumière du tuyau va se rétrécissant parfois jusqu'à l'obstruction complète. Il arrive que cette obstruction soit hâtée, lorsque des coups d'eau dûs aux orages ou à la fonte des neiges, arrachent les dépôts d'amont, les brassent et les entraînent, jusqu'aux points bas, où à la suite d'un ralentissement du courant, ils forment de véritables bouchons. Il n'est pas toujours nécessaire que l'eau contienne du fer dissous pour que la végétation s'installe; il suffit parfois qu'elle charrie de très faibles quantités d'argile mêlée de limonite. Ce sont donc dans ce cas des apports d'origine exogène entraînés mécaniquement d'abord, qui de par l'action d'éléments biologiques, finissent par se fixer sur tout le pourtour intérieur de la conduite. Dans une conduite en pente, ces incrustations sont souvent plus marquées dans les premières longueurs, diminuent d'intensité ensuite, pour réapparaître en abondance aux points bas. La vitesse du courant joue incontestablement un rôle; si elle dépasse une certaine valeur, les bactéries ne savent plus se fixer.

Si on avait affaire à des particules inertes, les phénomènes ne se passeraient pas de la même façon, tout au moins au début du parcours; on aurait pas de masse proliférante dans la partie de la conduite qui n'est pas baignée lors d'un débit normal. Il est incontestable qu'à ce moment et à cet endroit, les mucilages retiennent une très grande partie de l'argile limoniteuse; la conduite est ainsi mise à l'abri de l'action corrosive de l'eau; la matière du tuyau n'intervient pas dans la formation de ces dépôts.

D'autres cas d'obstructions, très nombreux, se présentent différemment; la conduite subit l'action corrosive de l'eau; c'est la cas classique, dirions-nous; le CO_2 agressif par un phénomène électro chimique entraîne en solution vraie, du fer au dépens de la conduite qui perdra peu à peu sa matière même, avec formation de porosité, rouille, incrustations etc.

A l'aval apparaîtra une eau tenant du fer dissous; ces conditions sont souvent moins favorables au développement d'une flore ferrugineuse; les espèces rencontrées sont différentes dans l'un et l'autre cas.

Enfin les deux cas peuvent se présenter dans une même conduite; tantôt les apports exogènes, tantôt la corrosion contribueront aux obstructions.

Signalons enfin qu'il nous a été souvent donné d'observer des tuyaux d'acier enduits de bitume à l'intérieur, complètement obstrués par des dépôts exogènes; le bitume était resté intact et le fer était resté tout-à-fait à l'abri de la corrosion même après 30 ans.

En ce qui concerne ces dépôts exogènes, nous en sommes arrivés à les considérer comme une portion du sol lui-même qui s'allonge, nous dirions presque sans solution de continuité, dans la conduite elle-même. Les phénomènes biologiques qui ont lieu dans le sol se retrouvent dans ces dépôts des conduites.

S'il s'agit de situer l'origine des bactéries ferrugineuses, l'endroit essentiel de leur naissance, de leur développement et de leur prolifération, c'est certainement le sol avec ses conditions biologiques particulières qu'il faut étudier.

Un fait à signaler est la périodicité de ces développements; ils semblent obéir à un cycle de végétation dépendant des saisons et de certains facteurs météorologiques. Le rôle de la pluie entre autres est incontestable; elle peut agir par l'apport de quantités notables d'argile limoniteuse, en entraînant de grandes masses de bactéries fixées dans certaines parties du sol, soit encore en charriant des substances nutritives d'origine organique indispensables à certaines espèces ou des substances biotiques, facteurs d'exaltation de croissance provenant de la végétation de surface et des racines, ou de la tourbe.

Il est établi depuis longtemps que le pourcentage d'humidité du sol est un facteur primordial pour le développement de la flore bactérienne. Si le sol est régulièrement et suffisamment mouillé, la quantité de ferro-bactériacées reste normale; si la période humide se prolonge, le développement dans les drains et les galeries de captage a tendance à diminuer; en période de sécheresse prolongée le développement subit un temps d'arrêt manifeste; si une pluie violente survient après cette sécheresse, des bactéries apparaissent dans les eaux en grand nombre; elles n'ont pas leur morphologie classique, mais elles provoquent en très peu de temps, quelques heures ou quelques jours, une prolifération extraordinaire de bactéries ferrugineuses typiques.

On a donc vraisemblablement à faire à des formes de vie latente dues à la sécheresse, c'est-à-dire aux mauvaises conditions de vie dans le sol; formes qui une fois mises en milieu aqueux, soit dans le sol après quelques temps, soit dans les drains et les canalisations dès le début de l'entraînement, prolifèrent avec une vigueur extraordinaire et reprennent quasi immédiatement leur morphologie type. Ces observations impliquent donc l'existence d'une grande variété de formes, une faculté d'adaptation et de mutation dont nous aurons l'occasion de reparler. L'apparition des ferrobactériacées semble plus fréquente, au voisinage de la limite des zones oxydante et réductrice dans le sol. Lorsqu'en déforçant le support imperméable, on mobilise la nappe passive et on la met en contact de façon exagérée et anormale avec la nappe active, on est presque certain dans un terrain non

calcine de provoquer l'apparition des bactéries ferrogineuses. Il semble donc que l'association d'éléments réducteurs et oxydants de nature chimique et biologique mais surtout de nature bactériologique, leurs soit favorable.

Rappelons enfin pour terminer cette revue de faits, les inconvénients graves des conduites en cul de sac pour les eaux à ferrobactériacées; l'eau stagnante permet un développement anormal de ces organismes qui ont tôt fait d'enlever tout l'oxygène avec comme résultat l'installation d'une phase réductrice, anaérobie avec putréfaction des matières organiques, odeur et goût nauséabonds, attaque du tuyau, mise en solution d'une grande quantité de fer, danger de développement d'une flore anaérobie.

On voit que la question des ferrobactériacées intéresse plus d'une discipline scientifique ou technique et que la critique et la mise au point des connaissances acquises à ce jour dans ce domaine se justifie amplement.

CLASSIFICATION :

La classification la plus complète à ce jour est celle proposée par DORFF-(I). Elle embrasse non seulement les bactéries ferrugineuses proprement dites, mais aussi tous les organismes ferrugineux susceptibles de s'accommoder de la présence du fer soluble ou non. L'auteur ne s'est pas arrêté au caractère autotrophe; tous les organismes qui précipitent le fer sont repris dans cette classification sans s'arrêter sur le point de savoir si le fer constitue un matériel respiratoire ou non pour la cellule; c'est une classification basée uniquement sur des caractères morphologiques.

Il distingue 3 grands groupes.

I HAPLOBACTERIES: cellules isolées ou en groupe, sans gaine, sans forme filamenteuse.

- a) cellules rondes en forme de coques : COCCACEE
- b) cellules en forme de bâtonnets : BACTERIACEE
- c) cellules courbées en forme de tire-bouchon : SPIRILLACEE

- a) **COCCACEE** 1) cellules entourées d'un mucilage emmagasinant le fer = **SIDEROCAPSA**

Polysiderocapsa (plusieurs cellules dans un mucilage)

- *Coronata* — Plankton: diamètre cellule 1 μ .
- *Major* — Neuston — feuilles de plantes aquatiques: 0.7—1.8 μ .
- *Treubii* — Feuilles de plantes aquatiques: 0.4—0.6 μ .

Monosiderocapsa

— *Monoica*

- 2) cellules sans mucilage: précipitation du fer
à l'extérieur de la cellule = **SIDERO-
COCCUS**

— *Limonicus*

— *Communis*

b) **BACTERIACEES:**

Ochrobium tectum.
Bacillus manganicus.
Sideroderma.
Siderobacter
Naumaniella
Siderocystis

c) **SPIRILLACEES:**

Gallionella: ferruginea
minor
major
corneola

II TRICHOBACTERIES: cellules en filaments, le plus souvent
avec gaine, divisées ou non.

- 1) sans gaine

Lieskeella
Sideromyces

- 2) avec gaine

Mycothrix
Cladothrix.
Sphaerothrix.
Leptothrix.
ochracea
discophora
epiphytica
lopholea
major
pseudovacuoleta
sideroporus
thermalis
trichogenes
Crenothrix
polyspora
fusca
tenuis

III ACTINOMYCETES cellules divisées sans parois transversales

Actinomyces: ferrugineus
verrucosus

— Enfin une quantité considérable d'organismes (*Flagellates*, *Conjuguées*, *Chlorophycées*, *Eumycètes*, *Lichens*, *Phanérogames*) fixent facultativement le fer.

Le défaut de cette classification est d'embrasser une foule d'organismes bien différents des bactéries ferrugineuses proprement dites; sans doute peut-on trouver parmi les algues, les flagellates, les lichens et les microbes eux-mêmes, des êtres qui en certaines circonstances fixeront un gel d'hydroxyde de fer; ce sont là le plus souvent des accidents et ce métal n'est nullement indispensable à leur métabolisme et à leur subsistance.

De plus dans bien des cas, on n'a pas la certitude que certains de ces organismes ainsi répertoriés n'ont pas été confondus avec des formations ou des précipités de nature purement minérale ou tout au moins inorganisée et non vivante. D'autre part, nous sommes persuadés qu'il existe un pléiomorphisme accusé pour plusieurs espèces et que bien des formes décrites relèvent d'un seul et même organisme. On en arrive à embrouiller plutôt qu'à débrouiller ce problème de la morphologie et de la physiologie des bactéries ferrugineuses en multipliant ainsi à l'infini les genres et les espèces. Dans le cadre de ce problème ainsi posé, une classification plus synthétique s'impose qui fera une part limitée mais néanmoins suffisante aux formes, telles que cocci, bactéries, vibrions, à côté des formes filamenteuses classiques et pouvant d'ailleurs montrer des relations morphologiques de l'une à l'autre.

A cet égard la classification de *Cholodny* (2) nous paraît dans sa condensation la plus claire et la plus rationnelle.

- A. Cellules cylindriques reliées entre elles en formant des filaments plus ou moins longs; parfois les divisions cellulaires n'existent pas et le filament dans sa totalité est formé d'une masse protoplasmique continue.

L'hydrate ferrique se dépose sous forme d'une gaine creuse cylindrique: **Bactéries ferrugineuses filamenteuses I.**

- B. Cellules rondes ou en forme de haricots; parfois en forme de courts bacilles; isolées ou en colonies.

L'hydrate de fer forme de petites plaquettes irrégulières, de petits tubercules ou des rubans; ces dernières se caractérisent par l'absence de cavité longitudinale; ils forment une masse continue, tordue en spirale suivant son grand axe, ou bien deux

rubans s'enroulant en spirales l'un sur l'autre: **Bactéries ferrugineuses simples II.**

I. Bactéries ferrugineuses filamenteuses.

- a) Les cellules se divisent seulement suivant la largeur; largeur ne dépassant pas $1\ \mu$.

1.) Genre *Leptothrix* (KÜTZING)

- b) Les cellules se divisent maintes fois (par la formation de conidies) même suivant la longueur; leur épaisseur varie de 1 à $5\ \mu$ et plus:

2) Genre *Crenothrix* (COHN)

1. Genre *LEPTOTHRIX* (KÜTZING)

- 1) Longue gaine cylindrique, ne dépassant pas $3\ \mu$ de large, jaune, de surface brillante, d'une substance transparente homogène, très réfringente, aux deux extrémités identiques. Filaments nageant librement:

1. — *Leptothrix ochracea* (KÜTZING)

- 2) Gaine cylindrique dans sa partie moyenne; à une extrémité parfois aux deux, elle se renouvelle constamment. Epaisseur très variable pouvant atteindre $10-15\ \mu$; constituée d'une substance finement granuleuse, jaune ou brune; contours imprécis et mal délimités. — Le plus souvent filaments fixés avec extrémité basale et apicale:

2. — *Leptothrix crassa* (CHOLODNY)

- 3) Gaine entourant un petit paquet mince et long de plusieurs filaments parallèles; nageant librement:

3. — *Leptothrix trichogenes* (CHOLODNY)

- 4) Gaine à peine visible, mince, contenant très peu d'hydroxyde de fer — Filaments fixés à un petit disque brun très riche en fer:

4. — *Leptothrix sideropous* (MOLISCH)

- 5) Aspect de la gaine semblable à celle de *L. ochracea*. Les filaments s'enroulent en spirales autour d'algues vertes et brunes:

5. — *Leptothrix volubilis* (CHOLODNY)

2. Genre *CRENOTHRIX* (COHN)

1. Formes fixées. Gaine le plus souvent mince, contenant peu d'oxyde de fer. Maintes fois, elle s'épaissit remarquablement, spécialement à la partie basale.
Par la formation de macroconidies, le filament s'élargit à la partie terminale en formant une espèce de massue.
Dimensions des cellules très variable.

Crenothrix polyspora (COHN)

II. Bactéries ferrugineuses simples

- a) Cellules en forme de haricots ou de reins: La gaine d'hydrate de fer se forme sur la partie concave en formant de longues tiges ou des rubans torsadés.

1. Genre *Gallionella* (EHRENBERG)

- b) cellules constituées par des coques ou de courts bacilles et forment de petites plaquettes de zoogléées entourées d'un précipité ferrugineux. Se rencontrent souvent à la surface des plantes aquatiques:

2. Genre *Siderocapsa* (MOLISCH)

- c) cellules constituées de coques ou de coccobacilles, formant de courtes chaînettes entourées d'un mucilage ferrugineux.

3. Genre *Sideromonas* (CHOLODNY)

1. Genre *GALLIONELLA*

- 1) Les tiges sont très longues et peuvent atteindre 100—200 μ sans changer d'aspect

1. *Gallionella Ferruginea*

- 2) Les tiges sont courtes (environ 20 μ) et se recouvrent d'une croûte verruqueuse

2. *Gallionella minor*

2. Genre *SIDEROCAPSA*

- 1) Petites cellules (0,4—0,6 μ) ne prenant pas les colorants habituels

1. *Siderocapsa Treubii*

2) Cellules beaucoup plus grosses (0,7—1,8)

2. *Siderocapsa major*

3. Genre *SIDEROMONAS*

- 1) Les cellules sont enfouies dans un mucilage ferrugineux, qui forme de petits tubercules à la surface des conferves et des algues filamenteuses

1. *Sideromonas Confervarum*

MORPHOLOGIE des FERROBACTÉRIACÉES

Morphologie de quelques espèces principales:

Nous avons eu l'occasion de rencontrer au cours de nos recherches la plupart des espèces signalées dans la classification de CHOLODNY. Néanmoins dans notre pays, il est des espèces que l'on rencontre beaucoup plus fréquemment que d'autres. Dans des canalisations par exemple deux espèces principales sont toujours présentes et en quantité considérable par rapport aux autres: ce sont *LEPTOTHRIX* et *GALLIONELLA*; d'autres espèces sont présentes mais restent noyées dans la masse des deux premières; en modifiant les conditions de milieu, elles peuvent prendre une prépondérance momentanée; c'est le cas de *CRENOTHRIX* et de *SPIROPHILLUM*, *CLADOTHRIX*, etc. Les cocci, vibrions sont aussi très abondamment représentés dans les dépôts des conduites. Constituent-ils une flore adventice ou au contraire une autre forme des espèces classiques à un stade de végétation différent? C'est ce que l'on essayera d'établir.

Les espèces moins fréquentes se retrouvent aisément dans les mares, ornières, sur des pieux, sur les rives des ruisseaux à côté d'une foule d'autres organismes tels que flagellates, algues, diatomées, etc.; mais leur prolifération n'est pas à comparer à celles des bactéries qui envahissent les conduites. Il semble que les conditions de milieu ont une importance très grande dans l'apparition de ces espèces: température, immersion continue ou intermittente, ruissellement ou stagnation de l'eau, pH, teneur en fer, en matières organiques, en oxygène, saison, nature du substrat, argile blanche ou jaune, quartzites, grès, sable, pierrailles, horizon de Gley avec zone ferrugineuses alternativement réductrice et oxydante.

Dans le présent travail *LEPTOTHRIX* et *GALLIONELLA* ont fait l'objet de recherches systématiques.

LEPTOTHRIX OCHRACEA: filaments tubulaires de 1 à 2

„ d'épaisseur, délimité par une fine membrane; longueur très variable pouvant aller jusqu'à 600 et plus.

Dans des conditions défavorables, la membrane reste mince; en milieu plus riche et en présence de fer, elle s'épaissit et fixe de l'ocre pour former une gaine continue tout autour de l'organisme. En cultures artificielles, on rencontre souvent à côté de formes classiques de très nombreux filaments qui s'allongent considérablement; ce sont des bactéries géantes; des auteurs anciens avaient classé cette espèce parmi les algues; on ne voit ni cytoplasme, ni noyau, ni vacuole.

ELLIS a observé comme mode de division fréquent, la scission du filament en deux au niveau d'un anneau qui enserre le filament en son milieu; après séparation, les deux parties s'allongent à leur tour. Nous avons fréquemment observé ce mode de reproduction. Pour ELLIS, *LEPTOTHRIX* se reproduirait également par conidies qui se développent comme de petites protubérences latérales; ce fait est contesté cependant par MOLISCH et CHOLODNY; pour ceux-ci, ces images de conidies ne seraient rien d'autre qu'une flore adventrice.

Surtout à une température élevée, *LEPTOTHRIX* est extrêmement mobile; ces grands bacilles se déplacent extrêmement vite par un mouvement de rotation sur leur grand axe; lors de leur reproduction, il arrive que les cellules ne se détachent pas et on peut remarquer des trains de 4, 5 et même 8 cellules; les premières sont soumises à des mouvements de rotation beaucoup plus fréquents et plus rapides que les dernières; si nous supposons que de tels mouvements perdurent à l'arrêt de ce train de bacilles, on conçoit aisément l'image qui en résulterait: celle d'un ruban torsadé.

Toutes ces remarques s'appliquent surtout aux formes jeunes. On rencontre dans les cellules une ponctuation intense; celle-ci peut se marquer par une granulation bipolaire seulement, avec alors élargissement de la cellule au centre, ou par 4 ou 5 granulations successives et très rapprochées; nous avons pu très bien mettre en évidence ces granulations, grâce à une technique spéciale de coloration (voir plus loin: Technique d'examen microscopique).

Dans les formes jeunes, il y a peu de fer par rapport à la masse cellulaire et la gaine reste mince ou est inexistante; ce qui avec d'autres remarques est un argument en faveur du caractère hétérotrophe de cette espèce.

Cependant dans le cas des trains de cellules dont nous parlions tout à l'heure, on remarque qu'elles restent juxtaposées parce que les sécrétions mucilagineuses entourant chacune des cellules finissent par se souder et former une gaine commune pour l'ensemble. Dans ces longues gaines on voit peu à peu disparaître les séparations cellulaires; tout se fond finalement pour donner un long tube entouré

d'une gaine; et à ce moment la précipité d'oxyde de fer est généralement beaucoup plus abondant.

Dans ce cas-ci déjà, il apparaît que la présence de fer insoluble correspond à un stade de fin de développement de l'organisme.

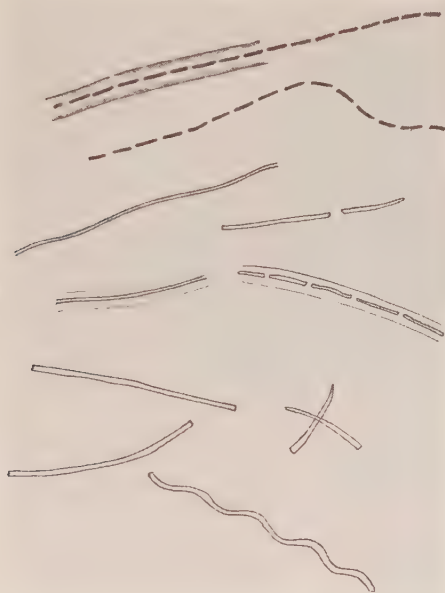


Fig. 1

Leptothrix ochracea

LEPTOTHRIX CRASSA (CHOLODNY)

Syn: *MEGALOTHRIX discophora* (SCHWERS)

LEPTOTHRIX meyeri (ELLIS)

Ce filament n'est pas si long que le précédent, parfois ramifié en montrant de fausses ramifications. La gaine est plus large et plus étalée que chez *L. OCHRACEA*; elle n'est pas bien délimitée et est constituée d'une matière finement granulée. Parfois les filaments sont fixes et montrant une partie basale et une partie terminale.

LEPTOTHRIX PSEUDOVACUOLATA (DORFF)

Cet auteur désigne ainsi un *LEPTOTHRIX OCHRACEA* qui présente en moyenne 5 à 7 torsades. Il le distingue de *GALLIONELLA* parce qu'il existe des vacuoles dans la cellule.



Fig. 2

1 Filament fixe 2 Filament mobile

Leptothrix crassa

(d'après Cholođny)



Fig. 3

Leptothrix pseudovacuoleta

LEPTOTHRIX TRICHOGENES: (CHOLODNY): fig. 4

Syn: *Toxothrix ferruginea* (MOLISCH)

C'est en somme un faisceau de *LEPTOTHRIX OCHRACEA* réunis en un point d'insertion commun et s'étalant dans une seule direction en décrivant une courbe prononcée. Ils présentent des fausses ramifications.

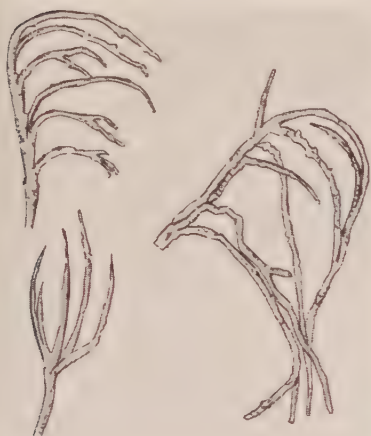


Fig. 4 (d'ap. Cholodny)



Fig. 5 (d'ap. Dorff)

Comme dans *L'OCHRACEA*, les divisions cellulaires disparaissent pour faire place à une cellule géante tubulaire.

LEPTOTHRIX LOPHOLEA (DORFF): fig. 5.

Plusieurs filaments de *LEPTOTHRIX* partant d'un dépôt ferrugineux central et se dirigeant dans toutes les directions en décrivant des courbes plus ou moins prononcées.

LEPTOTHRIX SIDEROPOUS (CHOLODNY)

Syn: *CHLAMYDOTHRIX SIDEROPOUS* (MOLISCH)

Filament de *LEPTOTHRIX* constitué d'un train de cellules sans gaine; fixé par une de ses extrémités à une espèce de thalle constitué par un mucilage d'hydrate de fer. Les séparations entre cellules n'ont jamais lieu. On dirait que la sécrétion du mucilage reste l'apanage

des 2 ou 3 premières cellules; ce mucilage au lieu de conserver la forme tubulaire d'une gaine s'est étalé; les cellules suivantes ne produisent pas de sécrétion.

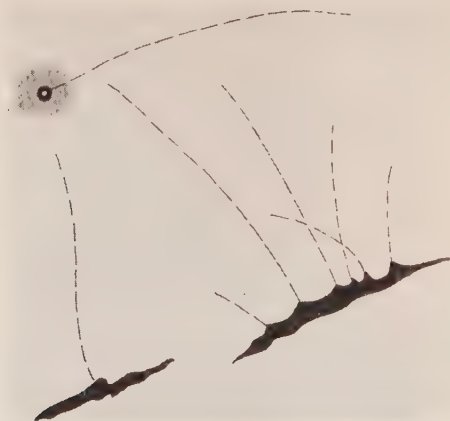


Fig. 6

Leptothrix sideropous (d'ap. Cholodny)

On pourrait dire également que la file de cellules s'est dégagée en perforant à une de ses extrémités, le mucilage primitivement tubulaire comme dans *LEPTOTHRIX OCHRACEA*, tandis que le mucilage s'est peu à peu contracté pour n'entourer finalement que les 2 ou 3 premières cellules.

CRENOTHRIX POLYSPORA: (COHN).

Syn: *CLONOTHRIX* (SCHORLER).

Filaments fixes constitués d'une succession de grandes cellules. La gaine est mince ou inexistante. Les cloisons entre les cellules ne disparaissent pas; elles sont généralement plus épaissies dans la partie basale; vers la partie terminale la gaine s'amincit, tandis que le filament s'élargit fortement donnant à l'ensemble un aspect de massue; en cet endroit les cellules se placent sur 2 ou 3 rangs parallèles; elles deviennent alors de plus en plus sphériques et évoluent à l'extrémité ouverte du filament pour donner une infinité de petites cellules ou coccis, considérés par plusieurs auteurs comme des microconidies. Parfois le filament ne s'élargit pas; mais les cellules termi-

nales cependant prennent la forme sphérique, s'écartent l'une de l'autre et se détachent aisément; ce serait pour les mêmes auteurs des macroconidies.

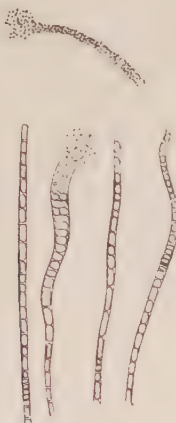


Fig. 7 (d'ap. Dorff)

Morphologie comparée du genre *LEPTOTHRIX*: Que la description des formes décrites plus haut par différents auteurs soit utile et nécessaire, personne n'en disconvient; c'est grâce à ces descriptions que l'on peut s'orienter quelque peu dans un domaine qui reste assez désordonné et confus; mais certains systématiciens exagèrent en créant des genres à l'infini. La classification de DORFF permet de se rendre compte de la quantité des formes décrites et classées sous des rubriques distinctes. Il nous paraît plus rationnel de synthétiser le problème et de dégager les traits communs à ces différentes espèces. N'avons-nous pas à faire à des formes différentes d'un seul et même organisme? Cette hypothèse a déjà été proposée par MOLISCH, ELLIS et d'autres. Nous pensons que bien des formes décrites sont à rapporter à des formes cellulaires à un stade déterminé de développement ou de reproduction qui donneront naissance à quelques types seulement qui soient nettement différenciés.

Ainsi pour *LEPTOTHRIX* nous pourrions dire qu'à l'origine nous avons à faire à un cocci ou à un court bacille (il est très fréquent en bactériologie qu'une même espèce se présente sous ces deux formes).

L'un et l'autre se trouve entouré d'une capsule; le bacille présente une coloration bipolaire bien mise en évidence par les techniques de coloration usuelles (voir plus loin), avec renflement de la partie médiane du bacille et de la capsule; souvent aussi ce sont des granu-

lations métachromatiques qui apparaissent. Comme la plupart des bactéries, ces bacilles se reproduisent par divisions et ainsi, se multipliant, ils ont une tendance marquée à ne pas se détacher les uns des autres; d'où formation de chaînes.

Une propriété curieuse du bacille *LEPTOTHRIX* est précisément cette sécrétion d'un mucilage pouvant fixer l'hydrate de fer. Ce mucilage déborde-t-il de part et d'autre des extrémités du bacille et pour cette raison empêche-t-il les cellules filles de se détacher au moment de leur élongation? La technique de coloration ne permet pas de le dire jusqu'à présent. Ou bien le mucilage forme-t-il non pas seulement une gaine, mais une capsule l'entourant de toute part, et hermétique; de telle sorte que la division du bacille en deux se fait obligatoirement à l'intérieur de cette capsule qui se prolongera, lors de l'élongation des jeunes bacilles?

Quoiqu'il en soit, on ne remarque pas de cloisonnement dans la gaine; même si chacun des bacilles juxtaposés à concourru à sa formation les portions de mucilage se fondent et se soudent sur toute la longueur de cette chaîne de bacilles pour former un tube cylindrique souvent fermé aux extrémités.

Cette chaîne de bacilles ou de cocci plus ou moins allongés est très mobile; l'ensemble progresse rapidement par un mouvement de rotation sur eux-mêmes, en se „vissant” en quelque sorte dans le milieu qui les entoure; dans ce mouvement les premiers bacilles ou les premières cellules (pour conserver l'expression utilisée jusqu'ici dans le cas d'un filament de *LEPTOTHRIX*) sont animés d'un mouvement beaucoup plus rapide que les suivantes qui peuvent même ne présenter aucun mouvement apparent de rotation. Cela montre donc que la gaine ne les enserre pas comme dans un étau et qu'elle reste très souple puisqu'elle se plie à toutes les révolutions du bacille sur son axe; cela montre aussi qu'il n'y a pas de jonction entre les parois de deux cellules voisines; sinon la rotation plus rapide de l'une par rapport à l'autre ne serait pas possible; au contraire, le maintien d'un filon de mucilage entre les parties latérales des deux cellules en contact est indispensable.

Par contre, il arrive fréquemment que les cellules se fusionnant, les cloisons disparaissent et que l'on obtienne un long tube intérieur (ou cellule géante) entouré d'une gaine mucilagineuse de même dimension: c'est l'aspect le plus fréquent de *LEPTOTHRIX OCHRACEA* —. Dans ce cas les mouvements sont plus lents, intéressant d'une façon égale tout le filament qui finit généralement par s'immobiliser; c'est à ce moment aussi que la précipitation d'ocre est la plus forte et la gaine la mieux délimitée. A vrai dire cette forme classique constitue pour nous une fin de végétation.

La gaine s'étale-t-elle plus fort avec des limites plus estompées,

devient-elle plus granulée; ces filaments étant généralement fixe, nous aurons *L. CRASSA*.

Les mouvements de rotation des cellules se sont-ils figés à un moment donné par suite d'un épaississement du mucilage ou pour tout autre raison; ce sera l'image de *L. PSEUDOVACUOLATA*.

Si plusieurs filaments de *LEPTOTHRIX* sont réunis en faisceau s'étalant à partir d'un point commun d'insertion soit dans une seule direction, soit dans toutes les directions, nous aurons *L. TRICHOGINES* ou *LOPHOLEA*. Quant à *L. SIDEROPOUS*, la chaîne de bacilles est dépourvue de gaine sauf pour les 2 ou 3 premiers éléments qui sont entourés d'une tâche irrégulière et fortement étalée de mucilage avec oxyde de fer. Il est bon de rappeler ici que *LEPTOTHRIX OCHRACEA* lui-même laisse souvent voir un arrêt dans la gaine tandis que la chaîne de bacilles se poursuit au delà à la façon d'un fil sortant d'un tube.

Comme nous le signalions plus haut, il est possible que *L. SIDEROPOUS* ne soit qu'un filament jeune de *L. OCHRACEA* avec cellules encore bien distinctes, dont le tube perforé a laissé sortir la file de cellules tandis qu'il s'est retiré en s'étalant à l'autre extrémité.

Si la chaîne est constituée de cellules plus grandes avec cloisonnement bien net persistant jusqu'au stade de végétation le plus avancé; une gaine constituée d'une fine membrane sans mucilage abondant; filaments fixés à un substrat; à l'autre extrémité les cellules se divisent à un rythme accéléré donnant des cellules plus petites et plus rondes, s'allongeant à peine avant leur expulsion; ou bien la gaine s'élargit à la partie terminale pour permettre à 2 ou 3 cellules à se placer de front dans ce tube élargi, tube finissant par un évasement ou abondant des *COCCIS*, nous aurons les deux formes classiques de *CRENOTHRIX* avec macro ou microconidies.

Ainsi, nous avons, anticipant sur les recherches décrites plus loin, ramené à une échelle beaucoup plus modeste, la vaste nomenclature des très nombreuses espèces identifiées et baptisées depuis longtemps. Ce serait des formes de végétation différentes d'un simple bacille ou cocci. Déjà relativement grand, quoique de taille très variable et parfois très petit, il donne naissance à des filaments qui à l'échelle du microbe sont énormes; on les a d'ailleurs considéré pendant longtemps comme des algues sans chlorophylle.

Comment de simples microbes ont-ils pu donner naissance par leur juxtaposition à des formes de végétation aussi grandes et aussi différentes les unes des autres? Leur faculté de sécréter un mucilage intervient ici sans aucun doute; l'on doit de plus prendre en considération la question des mutations d'individus d'une même lignée; à l'échelle de l'infiniment petit, les bactéries ferrugineuses constituent peut-être le matériel de choix pour de semblables études. Mais

les conditions de milieu ont aussi une importance capitale; nous essayerons plus loin de déterminer quelques-unes d'entre elles.

Quoiqu'il en soit dans toute préparation de bactéries ferrugineuses, on rencontre toujours ou des bacilles ou des cocci et ceux-ci parfois en nombre considérable. Ce fut le cas notamment lors de l'envahissement du réservoir de Cheltenham par *CRENOTHRIX*. GARRET qui a vécu ce phénomène signale en effet la présence de millions de cocci qui au milieu d'une zooglye se disposeraient en file pour donner un filament de *CRENOTHRIX*. ELLIS n'est pas d'accord sur ce point et considère plutôt le filament comme le résultat d'une élongation et d'une division répétée du cocci; tous les cocci formés ne donnant pas naissance à un filament; les conduites qui se trouvaient à l'aval du réservoir montraient surtout un envahissement de cocci plutôt que de *CRENOTHRIX*. Dans les cultures artificielles d'après ELLIS l'apparition de microconidies ou cocci en grand nombre est un signe de dégénérescence et précède le collapsus de l'organisme.

De toutes façons, cet exemple, le premier signalé, montre qu'il existe in vivo une relation certaine entre des cocci et les bactéries ferrugineuses. Dans des exemples analogues, nous avons pu nous assurer qu'il ne s'agit pas d'une simple flore adventice ou commensale.

GALLIONELLA. (EHRENBERG)

Syn: *SPIROPHYLLUM* (ELLIS).

Avec *LEPTOTHRIX*, *GALLIONELLA* est une des formes les plus souvent rencontrées dans le monde entier. Son image est classique et a été reproduite par de nombreux auteurs. Il s'agit d'un ruban de 0,5 à 3 μ de large et de longueur très variable pouvant atteindre jusqu'à 200 μ . Ce ruban se tord sur lui-même en formant des torsades plus ou moins nombreuses et plus ou moins rapprochées.

Les rubans observés dans les préparations peuvent souvent se schématiser comme suit (voir fig. 9 et 9a):

Pendant longtemps, on a cru que ce long filament était un seul organisme pouvant se reproduire par conidies, apparaissant à la surface des cellules en formes d'ellipse (ELLIS). Cette opinion fut finalement abandonnée; MOLISCH voyait là, la présence d'une flore adventrice banale; CHOLODNY, une erreur d'interprétation due à l'âge des échantillons ayant séjourné dans de mauvaises conditions.

On ne distingue pas de gaine autour de ce ruban; par contre, on

ne peut pas non plus mettre en évidence du protoplasma dans ces soi-disant cellules elliptiques.

Le ruban lui-même est formé de mucilage qui fixe une quantité variable d'oxyde de fer, que l'on peut mettre aisément en évidence

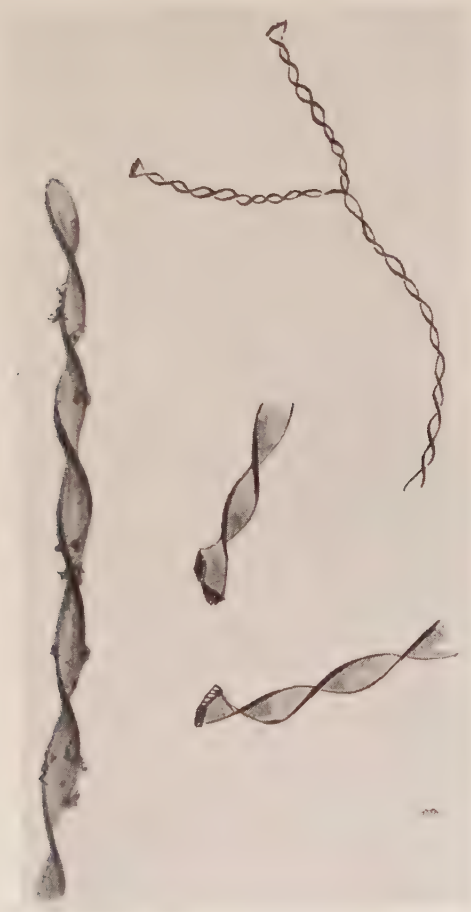


Fig. 8
Gallionella (d'après Cholodny)

par une technique de coloration appropriée. La torsade du ruban serait due suivant Ellis à une irritabilité par contact avec des corpuscules étrangers.

Il revient à CHOLODNY d'avoir montré l'existence au début des filaments d'une cellule en forme de haricot ayant la faculté d'absorber

le fer soluble par son côté convexe et de le précipiter sous forme d'hydrogel à sa partie concave. (voir figure 8). Effectivement dans les formes jeunes, on remarque assez fréquemment cette image et le nodule d'hydroxyde de fer. Et ce serait cette sécrétion continue de gel d'hydroxyde de fer qui formerait finalement le ruban observé.

Celui-ci vu en coupe conserve souvent la forme primitive de la cellule, ce qui laisse supposer que cette extension de mucilage se ferait latéralement, la cellule reposant normalement en milieu liquide sur son côté convexe, à la façon d'une nacelle aux extrémités arrondies et fortement relevées. Il est aisé de comprendre que ce mucilage emplissant cette gouttière en fait se rapprocher les bords à intervalles

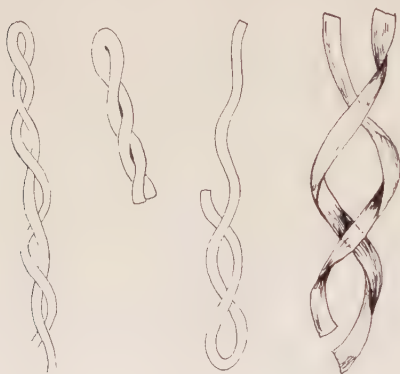


Fig. 9



Fig. 9a

(d'après Ellis)

rapprochés et provoque même une torsion sur l'axe. On observe parfois que le filament se divise en deux ou plusieurs branches; l'extrémité de ces rameaux est munie d'une cellule.

La grande variété de forme des filaments, leur épaisseur, leur longueur, la fréquence et l'irrégularité des torsades ont fait décrire une foule de formes comme des types particuliers.

La moindre agitation, le courant d'eau, les mouvements d'organismes étrangers font se rompre le filament de *GALLIONELLA* en de nombreux tronçons; ceux-ci donneront souvent des variétés larges tandis que les rameaux provenant d'une cellule jeune de suite après la division resteront minces et allongés.

Non seulement on peut avoir des formes simplement torsadées; mais on peut aussi avoir des tresses provenant de deux ou plusieurs filaments torsadés enroulés les uns autour des autres. Au cours de l'élongation il arrive fréquemment qu'un des filaments se sépare et poursuit son développement ainsi isolé de la tresse.

La formation de tresses s'explique suivant CHOLODNY par le fait qu'une cellule en forme de haricot (voir figure 8 et 9) peut se diviser transversalement en deux cellules filles; si celles-ci restent juxtaposées, les filaments qu'elles émettent l'une et l'autre s'enroulant mutuellement pendant l'élongation; suivant le même auteur, chaque filament de *GALLIONELLA* est formé par l'activité d'une cellule en forme de haricot se trouvant à son extrémité; beaucoup de microphotographies et de schémas représentent *GALLIONELLA* de telle façon que cette cellule apparaît à l'extrémité terminale du filament principal ou des rameaux secondaires. Plusieurs auteurs ont repris cette façon de voir.

Après la théorie de CHOLODNY, on s'explique mal comment des cellules puissent se trouver à la fin des filaments, si c'est la cellule qui doit donner naissance au filament rubanné. On ne s'explique pas non plus comment des tronçons de filaments peuvent poursuivre leur développement et rendre à nouveau une image type, si ce tronçon lui-même ne comporte pas de cellule „génératrice”.

Aussi nous semble-t-il nécessaire d'attirer l'attention sur d'autres formes qu'il nous a été donné d'observer dans nos recherches, soit *in vivo*, soit dans des cultures artificielles. Sans mettre en doute les explications de CHOLODNY touchant la cellule (coque ou coccobacille en forme de haricot) donnent naissance à un filament qui n'est, somme toute, qu'un chenal de section rectangulaire ou un ruban aux bords fortement relevés, il nous paraît nécessaire de décrire les formes permettant d'expliquer différemment la genèse des filaments torsadés, ou tout au moins des images pouvant donner l'illusion de torsades successives.

C'est ainsi que *in vivo*, comme *in vitro* dans des essais de culture nous avons rencontrés les formes suivantes:

- a) Des cocci entourés d'une large capsule se disposent en file suivant la figure 10 a).
- b) Les capsules se soudent et leurs cloisons terminales disparaissent; il apparaît à ce niveau un épaississement de la membrane avec l'image d'une constriction du filament. Fig. 10 b).
- c) Souvent les cellules se juxtaposent tout en chevauchant les unes sur les autres. Fig. 10 c).
- d) Dans d'autres cas, les capsules se juxtaposent suivant deux plans perpendiculaires, de l'une à l'autre, la capsule no. 1 par exemple se posant à plat et la capsule no. 2 qui la suit se posant sur son arête et ainsi de suite. Fig. 10 d).
- e) Enfin les capsules se juxtaposent non pas bout à bout, mais côte à côte, tout en gardant une position oblique par rapport à l'axe du filament. Si dans leur tentative de fusion les cellules se re-

dressent suivant l'axe du filament, on obtiendra une image rap-
pelant la torsade. Fig. 11 e).

- f) Les cellules continuant à s'allonger et à se redresser, il apparaîtra
une image de ruban torsadé. Fig. 11 f).
- g) Il arrive souvent d'observer des capsules par paires suivant
Fig. 11 g). Quand elles se redressent elles donnent l'image d'une
torsade.



Fig. 10

Dans les cultures artificielles ce sont généralement les formes
décrites au fig. 10 et 11 qui apparaissent. On voit nettement que
toutes concourent à donner finalement l'image de torsades plus
ou moins accentuées, formes sous lesquelles apparaissent tou-
jours *GALLIONELLA* à sa période finale de végétation.
D'ores et déjà nous pouvons émettre l'hypothèse que *GALLIO-
NELLA* résulte d'une juxtaposition de coccis encapsulés pour
donner finalement un ruban au sein duquel se fond peu à
peu chacun des individus; tout comme *LEPTOTHRIX* résul-

terait d'une juxtaposition de bacilles pouvant rester visibles un certain temps dans la gaine mucilagineuse qui l'entoure, mais évoluant le plus souvent pour donner un long tube rectiligne sans aucune séparation intérieure.

(Voir sur les planches, les microphotos de 7 à 11 pour *Leptothrix* et de 12 à 19 pour *Gallionella*).

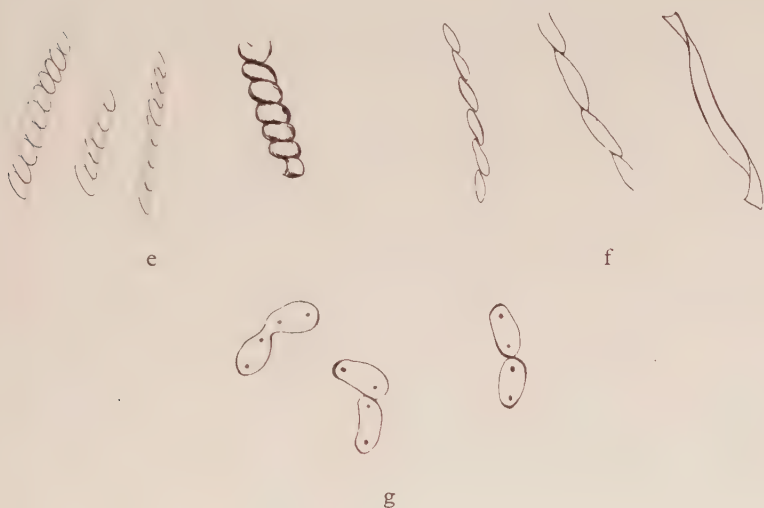


Fig. 11

SIDEROCAPSA (MOLISCH)

- 1) *SIDEROCAPSA TREUBII*. Cette espèce décrite par MOLISCH est constituée par de petites bactéries en formes de coques de $0,4$ à $0,6 \mu$ de diamètre; groupés en nombre très variable au centre d'une capsule assez étalée et au contour très irrégulier; certains „pseudopodes” de cette capsule mucilagineuse sont très riches en hydrate de fer; ils font penser à des velléités de filaments comme dans le genre *LEPTOTHRIX LOPHOLEA*; avec cette différence que ces tronçons ne se sont pas allongés et sont au contraire restés épaissis et élargis.
- 2) *SIDEROCAPSA MAJOR*. Petits bacilles de $0,7$ à $1,8 \mu$ enfermés dans une zooglée aux bords arrondis et peu déchiquetés. Le nombre des cellules varie de 3 à 25. Le mucilage dont elle s'entoure est riche en hydroxyde de fer; mais il n'y a pas de proportionnalité entre la quantité de fer précipitée et le nombre de bactéries enfermées dans le mucilage. Il semble donc que la

précipitation d'oxyde de fer ne soit pas en relation avec l'activité biochimique de la colonie de *SIDEROCAPSA*.

CHOLODNY met en doute l'existence de ces espèces décrites par MOLISCH. Nous les avons cependant fréquemment rencontrées; il n'est pas une préparation où on ne les repère en grand nombre surtout quand elles ne sont pas fixées. Ces fines granulations, même si elles ne se colorent pas facilement, nous ne pouvons les attribuer comme CHOLODNY à un précipité minéral; le gel d'hydroxyde de fer se trouve d'ailleurs exclusivement dans le mucilage.

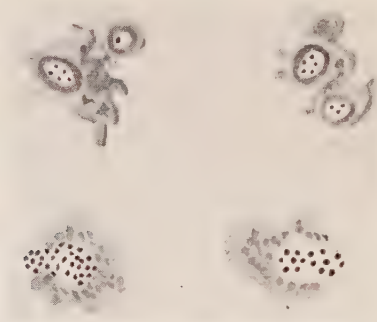


Fig. 12

Siderocapsa (d'après Molisch)

CHOLODNY par contre signale l'existence d'une autre espèce: le *SIDEROMONAS CONFERVARUM*, constitué par un amas très important de coccobacilles $0,8-0,9 \mu$ L / $0,5-0,6 \mu$ l. souvent groupés en petites chaînettes comme des streptocoques noyés dans un mucilage formant une tubérosité fixée sur un filament de Conferves.

RESUMÉ et CONCLUSIONS

Quel que soit le genre étudié, on peut dire que l'on rencontre toujours dans toutes les préparations de bactéries ferrugineuses, que celles-ci proviennent de dépôts in vivo, ou de cultures in vitro, des bactéries prenant la forme de coques, diplocoques, cocci ou bacilles; généralement gram négatif. Les bacilles eux-mêmes présentent souvent des granulations bipolaires ou des granulations métachromatiques. Parfois ces formes s'entourent d'une capsule en forme d'ellipse.

Il ne s'agit pas selon nous d'une flore adventice ou commensale qui accompagnerait toujours les bactéries ferrugineuses dans leur forme

classique. En effet, malgré de très nombreux repiquages de ces dernières nous ne sommes jamais parvenus à nous débarrasser de cette flore microbienne; au contraire, elles prennent très souvent le dessus et les milieux de culture habituellement utilisés en bactériologie leur sont éminemment favorables.

Même en partant de bactéries ferrugineuses typiques bien isolées, entretenues dans des milieux sans azote et sans albumine, purement minéraux que nous repiquons dans des milieux azotés, ce sont les formes cocci et bacille qui, seuls se développent et se multiplient.

On nous objectera avec raison que c'est précisément là une preuve que nos cultures de bactéries ferrugineuses n'étaient pas pures et qu'il a suffi de modifier les conditions de milieu pour donner la prépondérance à cette flore adventrice.

Nous pensons au contraire que devant cette persistance a toujours trouver les deux flores réunies, avoir à faire non pas à une symbiose mais à un cas de pléiomorphisme caractérisé.

L'une c'est-à-dire les bactéries ferrugineuses typiques constituent l'aboutissement de l'autre qui suivant les conditions de milieux particuliers dans lesquelles, elles doivent vivre, s'encapsulent, secrètent un mucilage, s'entourent d'hydrate de fer, se groupent en amas, en chaînettes etc. pour donner finalement ces rubans plats, tordus ou torsadés de *LEPTOTHRIX*, *GALLIONELLA*, *CRENOTHRIX* ou ces chaînettes de *MEGALOTHRIX* ou *LEPTOTHRIX SIDEROPHILUS*.

La pullulation de ces organismes se fait exclusivement grâce à la multiplication des bactéries dans leur forme simple et réduite sauf peut-être pour *CRENOTHRIX*.

A la morphologie comparée du genre *LEPTOTHRIX*, nous ajouterons quelques remarques à propos de *GALLIONELLA* et de toutes les ferrobactériacées en général.

Les bactéries ferrugineuses classiques ne sont en somme qu'un aboutissement d'une végétation aux formes très compliquées; elles ont atteint un état statique, un état de vie latente très proche du collapsus. Génétiquement parlant ces êtres sont inertes et dénués de toute activité reproductrice dans ces formes finales. Nous sommes peut-être ici en présence d'un phénomène d'évolution extrêmement rapide, d'une transformation d'une espèce.

Cette évolution se fait de cellule à cellule dès leur encapsulage. Mais avant d'aboutir à cette transformation qui troublera et empêchera le métabolisme de la cellule primitive, celle-ci aura pu se reproduire et donner deux cellules filles qui suivront à leur tour la même évolution sans se détacher de la cellule mère, par suite vraisemblablement de la présence de mucilage secrété déjà par la cellule mère. Ainsi de proche en proche nous aurons une file de cellules juxtaposées, bout à bout ou côte à côte, parallèlement ou de biais,

sur le même plan ou sur des plans alternativement perpendiculaires, avec parfois dans toutes ces positions un chevauchement plus ou moins accentué des cellules les unes sur les autres. (voir fig. 10 et 11).

Les mucilages voisins se soudent pour donner une gaine continue, tandis que peu à peu les parois au point de contact de deux cellules voisines, disparaissent.

On rencontre fréquemment des formes montrant différents stades de cette fusion des parois. Dans un même préparation, il arrive de voir des filaments ou des cellules encore bien délimitées restant simplement en contact; d'autres où l'on remarque un épaississement des parois qui se sont fusionnées avec un étranglement du filament persistant en cet endroit; d'autres enfin où cet étranglement a disparu complètement pour donner l'image d'un tube continu et d'égale largeur partout (voir fig. 10 et 11).

Suivant le degré de cette évolution on aura finalement l'aspect d'un simple tube plat, *LEPTOTHRIX*, *OCHRACEA*, *LOPHOLEA*, ou l'aspect d'un filament donnant l'impression de s'être tordu sur lui-même à des degrés très variables (filaments montrant des rétrécissements et des épaississements successifs, torsades très serrées ou lâches, tresses quand il y a deux filaments enroulés les uns sur les autres, etc. etc.).

Avec *GALLIONELLA*, si la fusion des parois latérales des cellules devient complète, on aura effectivement un tube de largeur égale partout mais enroulé en torsades comme un ruban plat tordu sur son axe.

PHYSIOLOGIE des Bactéries FERRUGINEUSES:

Le problème de la physiologie des bactéries ferrugineuses a suscité d'innombrables discussions. Sont-elles des organismes autotrophes ou comme la plupart des saprophytes, des êtres hétérotrophes. Voilà en résumé toute la question.

Pour COHN les bactéries ferrugineuses fixent le fer comme la diatomée fixe la silice, pour l'élaboration de sa propre substance, mais n'en retirent absolument aucun bénéfice énergétique. ZOPF considère que le mucilage sécrété par ces organismes adsorbe mécaniquement le fer pour former un hydrogel à base d'oxyde de fer. Il appartenait à WINOGRADSKY de se faire le champion d'une théorie qui a aujourd'hui encore beaucoup de partisans. Par analogie avec sa célèbre hypothèse des bactéries sulfuraires oxydant le soufre et les sulfures en sulfates avec libération d'énergie que l'organisme met à profit pour son métabolisme, cet auteur émet l'idée que les bactéries ferrugineuses oxydaient le bicarbonate ferreux et précipitaient le fer sous forme d'hydrate avec libération d'énergie immédiatement utilisée.

Il faut remarquer cependant que le bicarbonate ferreux est un corps extrêmement instable qui s'oxyde spontanément sans que l'action d'une bactérie oxydante soit nécessaire. On peut se demander aussi, comment il se fait que les bactéries ferrugineuses ne soient pas toujours entourée d'une gaine d'oxyde de fer bien plus importante, si c'est cette réaction qui doit présider exclusivement à leur subsistance. On ne conçoit le phénomène que si du bicarbonate ferreux à l'état naissant est mis d'une façon continue à la disposition de ces microorganismes.

Dans la vase des étangs, dans les ornières, dans le sol, c'est parfois le cas. La flore réductrice peut amener la formation de H_2S à partir des sulfates, H_2S qui en présence de CO_2 peut dissoudre très aisément l'ocre pour donner du bicarbonate ferreux, comme nous l'avons établi ailleurs (voir J. de Pharmacie no. 1 1947).

Remarquons cependant que l'on considère toujours avec raison les ferrobactériacées comme des minéralisateurs oxydants et non réducteurs. Elles se distinguent à ce point de vue des Barégines, boues très sulfhydriques que l'on rencontre dans la vase aux griffons de certaines eaux minérales et dans la vase des fleuves. *Sporovibrio desulfuricans* s'y rencontre en abondance; c'est un minéralisateur ayant la propriété de réduire les sulfates; du point de vue morphologique, il est intéressant de signaler qu'il se présente parfois en chaînettes simulant la forme spirillaire.

Certaines expériences que nous rapportons plus loin, consistant en l'addition répétée de petites quantités de H_2S au milieu, semblent bien apporter une activité accrue au développement des bactéries ferrugineuses.

Cependant, ceci impliquerait la présence indispensable d'une flore réductrice capable d'assurer une formation continue de H_2S .

Or, dans bien des eaux fortement aérées, pouvant contenir des traces d'acide humique, on ne trouve que des traces très faibles de fer dissous et jamais de H_2S ; et pourtant les bactéries ferrugineuses y pullulent souvent. Il est vrai que dans la vase où les bactéries réductrices sont toujours représentées, on peut voir apparaître les ferrobactériacées reposant sur le limon, c'est-à-dire dans la partie superficielle, aérée par le courant d'eau. Le développement des ferrobactériacées serait alors la résultante d'une symbiose.

Faut-il admettre au contraire, en rapportant cette hypothèse aux considérations que nous avons émises plus haut touchant la morphologie des bactéries ferrugineuses, qu'un même organisme de forme simple, (cocci ou bacille) peut au début agir en réducteur avec absorption d'énergie pour donner du H_2S et du CO_2 , solubiliser ainsi le fer à l'état de bicarbonate ferreux, corps qui s'oxyderait spontanément entourant le microbe d'une capsule mucilagineuse;

ou, que cette précipitation se fasse à l'intervention d'une activité oxydante dans la seconde phase de la vie de l'organisme. Sous cet état l'organisme est immobilisé et les manifestations de la première phase, que nous appellerons la phase dynamique, avec production de bicarbonate ferreux ne peuvent plus se produire. L'état statique obtenu après l'oxydation de ce dernier est irréversible parce que l'organisme a perdu ses facultés réductrices. Durant le premier état, l'organisme conserve comme toute bactérie une activité reproductrice et se divise; et c'est grâce à cette division dans sa forme de vie première, que la continuité du phénomène est assurée avec ces cellules filles qui ne quitteront pas la cellule mère, pour obtenir finalement ces chaînes ou ces rubans dont nous avons parlé plus haut.

Comme pour le vibrio désulfuricans, la formation de H_2S à partir d'un oxydant, le sulfate par exemple, exige de l'énergie. Cet accepteur d'hydrogène rend disponible l'oxygène qui pourra oxyder des matières organiques ou donateurs d'hydrogène; cette dernière réaction est exothermique.

Il est établi que certains hydrates de carbone ou des acides carboniques sont indispensables à vibrio désulfuricans et lui servent de donateurs d'hydrogène.

L'oxydation de CO en CO_2 est exothermique et rend la réduction des sulfates possible, suivant la formule:



BAARS a établi la formule permettant de comprendre la réduction des sulfates et la production de H_2S par Vibrio désulfuricans utilisant comme source d'énergie le lactate.



Cette digression venant après notre hypothèse du développement des bactéries ferrugineuses grâce à la multiplication de bactéries simples (cocci ou bacilles), que nous reproduisons et faisons fructifier dans des milieux azotés, posent une nouvelle fois la question de l'hétérotrophie ou de l'autotrophie des ferrobactériacées.

A l'hypothèse de WINOGRADSKY on peut opposer la thèse de MOLISCH.

Pour ce dernier, les Ferrobactériacées seraient hétérotrophes comme la plupart des saprophytes habituels; si on les différencie de ceux-ci, c'est simplement parce que les Ferrobactériacées ont la faculté de produire une gaine de substance mucilagineuse et d'y fixer l'oxyde de fer.

MOLISCH a exécuté de très belles recherches sur *Leptothrix*; il réussit notamment à le faire pousser sur des milieux sans fer mais

contenant des substances organiques. (infusion de foin). Il en conclut que le fer n'était pas un élément indispensable et que le processus vital dû à la libération d'énergie résultant de l'oxydation des sels ferreux en sels ferriques n'existait pas.

La précipitation du fer pour MOLISCH n'est pas dû à un pouvoir d'oxydation spécifique, mais bien à une force d'attraction remarquable de la gaine pour les dérivés de fer.

Leptothrix s'accommode fort bien de la peptone et la vitalité de l'organisme n'en souffre pas, bien au contraire. Néanmoins, le fer est nécessaire si on veut obtenir des formes classiques analogues à celles trouvées in vivo. MOLISCH démontra que le fer pouvait fort bien être remplacé par le Manganèse et le peptonate de manganèse qu'il préconisa semble bien être l'aliment de choix pour cet organisme. Il faut noter à ce propos qu'il obtint de belles colonies brunes de *Leptothrix* avec ce milieu, accompagnées de très nombreux cocci qu'il ne parvient pas à séparer complètement, ce qui confirme les considérations énoncées plus haut.

LÖHNIS, LIEKSE se sont ralliés à l'hypothèse de MOLISCH qui combat et anéantit celle de WINOGRADSKY.

La précipitation du fer ne serait, qu'un épiphénomène. BEYTHIEN, HEMPEL, KRAFT, REUMER, LIEKSE et d'autres ont montré également que le fer pouvait être remplacé par le manganèse, CAMPBELL BROWN a constaté que les ferrobactériacées se développaient surtout dans les eaux contenant du fer fixé à un composé organique de nature acide; les matières organiques consommées le fer est expulsé et précipité à l'extérieur de la cellule, dans la gaine où il subit des phénomènes d'adsorption et d'oxydation comparables aux actions de surface sur les sels de métaux au minimum; tout ceci, indépendamment du métabolisme cellulaire.

Avec ELLIS, on pourrait conclure, dans le cas de *Leptothrix* que les Ferrobactériacées ne sont pas des organismes à part:

- 1) elles absorbent des matières organiques pour leur subsistance
- 2) elles sélectionnent spécialement celles qui sont liées au fer
- 3) elles ont la faculté de retenir le Fe 203 ainsi formé à leur surface sous forme d'une gaine mucilagineuse.

WINOGRADSKY trouve par contre que si on élimine le fer d'une eau, le développement des Ferrobactériacées est mauvais; sans aucun doute. Mais il s'agit de savoir dans quelles mesures on a modifié le milieu pour assurer l'élimination du fer. MOLISCH considère avec raison qu'en même temps que le fer, sont éliminés, CO_2 , H_2S , NH et des substances organiques d'origine végétale comme les acides humiques et les produits de dégradation de la cellulose qui ont la faculté de complexer et de tenir dissous de Fe 203.

Cela nous paraît incontestable et dans ces phénomènes, ce sont les matières organiques qui sont fixées et le fer qui est rejeté sans bénéfice essentiel pour la cellule et non l'inverse.

LIEKSE prétend à la suite d'autres recherches que *Leptothrix* pourrait faire la chimio-synthèse de sa propre substance à condition de lui donner du Mn ou du fer sous forme de bicarbonate naissant. D'autres auteurs après lui n'ont pu réussir dans des conditions semblables.

Pour finir LIEKSE admettrait que l'énergie résultant de l'oxydation des sels de Mn ou de fer permettraient à l'organisme d'assimiler le carbone organique non décomposable de l'extrait de feuilles mortes par exemple, et que inversement l'énergie dû à l'assimilation du carbone organique permettrait l'assimilation du CO_2 minéral.

Leptothrix serait en quelque sorte un être mixotrophe pouvant s'accommoder des deux genres d'existence selon les circonstances. C'est aussi à une opinion semblable que semblait s'être rallié WINOGRADSKY pour *Leptothrix* après les belles recherches de MOLISCH.

CHOLODNY reste partisan de la théorie de WINOGRADSKY sans apporter cependant d'éléments nouveaux à son hypothèse.

On objecte à MOLISCH qui a réussi à faire pousser *Leptothrix* sur des milieux sans fer, qu'il existait quand même des traces de fer dues à l'impureté des produits.

Comment expliquer que des traces de fer permettraient une prolifération semblable, alors que suivant WINOGRADSKY, le fer serait le dispensateur d'énergie pour le métabolisme de *Leptothrix*?

C'est alors que des auteurs se sont raccrochés à l'hypothèse du caractère mixotrophe de cet organisme.

Quoiqu'il en soit, en ce qui concerne *Leptothrix* les idées de MOLISCH ont prévalu et on admet aujourd'hui son caractère purement hétérotrophe.

Non seulement avec le peptonate de Manganèse, mais aussi avec des restes de plantes en décomposition MOLISCH a réussi à obtenir des cultures luxuriantes de *Leptothrix*.

Il est établi que *Leptothrix* exige in vivo des matières organiques nécessaires à sa subsistance que l'on peut remplacer avec succès in vitro par de la peptone — nonobstant les idées de CHOLODNY qui prétend que ces restes servent avant tout à maintenir l'oxyde de fer à l'état réduit et de procurer aux *Leptothrix* l'oxyde de fer (fer ferreux).

En ce qui concerne les autres espèces et spécialement *Gallionella*, la question n'est pas tranchée et la plupart des auteurs admettent encore leur caractère autotrophe. Pourtant pour le *Siderocapsa* et *Sideromonas* qui ne sont qu'un amas de cocci ou de bacilles, il est aisé d'en assurer la prolifération sur des milieux organiques azotés exclusivement. Ce sont toujours ces formes qui d'abord prennent la

prépondérance quand on cultive les bactéries ferrugineuses, en milieu liquide et sans substrat particulier; ces petits amas de cocci pullulent toujours, souvent mobiles avec mucilage plus ou moins développé. Sur ces milieux les formes classiques n'apparaissent que beaucoup plus tard, quand elles le font; ce qui est rare sauf pour *Leptothrix*. Il semble par conséquent difficile de nier le caractère hétérotrophe de *Siderocapsa* et *Sideromonas*.

Pour *Gallionella*, une des plus caractéristiques parmi les ferrobactériacées, la question est différente.

Beaucoup d'auteurs ont essayé de cultiver *Gallionella* sur des milieux synthétiques sans succès. Seul LIEKSE prétend avoir eu un bon développement de cet organisme un milieu purement minéral avec fer métallique et chargé de CO_2 . Sans fer les cultures ne se développent pas; le manganèse ne peut remplacer le fer; le bicarbonate ferreux est favorable; le chlorure et le sulfate ne le sont point.

D'où la 1ère conclusion de cet auteur que *Gallionella* est autotrophe, peut assimiler le CO_2 grâce à l'énergie libérée par l'oxydation des sels ferreux; la peptone, les sucres entraveraient les cultures.

Plus tard cependant LIEKSE n'est plus aussi affirmatif sur la question de savoir si la précipitation du fer conséquence de son oxydation excercerait un rôle dans le métabolisme ou si ce n'est qu'un phénomène secondaire.

CHOLODNY prétend que les descriptions morphologiques touchant ces recherches sont entachées d'erreurs.

Ce dernier reste partisan de la théorie de WINOGRADSKY touchant le caractère autotrophe et voit dans la précipitation du fer la conséquence du travail biochimique de la cellule vivante et non le pouvoir attractif de la substance colloïdale de la gaine.

Si on ensemence *Gallionella* dans une eau de ruisseau avec des feuilles mortes ou un extrait de ces dernières un peu de fer métallique on obtient un bon développement.

Cependant l'organisme dans ces conditions ne dépasse pas le stade de tronçons rubannés très courts de 10 à 15 μ au maximum où les orsades d'ailleurs ne sont pas toujours très marquées.

Le contrôle de la pureté de la culture se faissait en ajoutant un peu de peptone stérile; une partie de la culture pouvait aussi être additionnée de gélatine nutritive et coulée en boîte de Petri.

Personnellement nous avons toujours obtenu dans des essais similaires de culture de *Gallionella* à côté de quelques tronçons rubannés une foule de cocci isolés et mobiles ou en amas fixés par du mucilage.

CHOLODNY a établi que le *Gallionella* était en quelque sorte un long stétiote émis par un vibron ou spirille très court de 1,2—1,5 long sur 0,5—0,6 de large ayant souvent l'aspect en fin de développement d'un rein ou d'un haricot. Il reconnut ces éléments en immergeant

dans une culture de *Gallionella* des lamelles couvre-objets fixées à un morceau de liège. Après des temps variables, il enlevait les lamelles, essuyait une des faces tandis qu'il fixait et colorait l'autre face. Ces vibrons mobiles venaient se coller au lamelle tandis que le ruban de *Gallionella* plus âgé restait accroché sur les parois et dans le fond du vase; chez ceux-ci parfois on retrouve effectivement cette cellule réniforme à l'extrémité d'un ruban. Il en conclut que c'était cette cellule qui émettait le ruban torsadé.

Sous le nom de *Gallionella* et de *Spirophyllum* on aurait en réalité qu'une gaine émise par une bactérie ferrugineuse de dimension très réduite.

Les bactéries ferrugineuses connues sous leur forme classique ne seraient que des fins de végétation, des produits du métabolisme d'une simple bactérie, pouvant donner suivant les conditions naissance à des éléments de forme extrêmement variée.

S'il nous a été donné de constater les cellules en forme de fève à l'extrémité de filament de *Gallionella*, il nous est cependant difficile d'admettre que ce simple vibron pourrait former des filaments pouvant atteindre jusqu'à 600 μ .

La chimiosynthèse ne pouvant se faire que grâce à l'énergie résultant de l'oxydation des sels ferreux, on reste étonné et sceptique devant la quantité de fer ferreux que ce simple microbe serait capable de transformer sans arrêt, de sa puissance de sécrétion et de synthèse quasi-illimitée et aussi de sa longévité; car combien de temps faut-il à un microbe de 1 μ pour élaborer sans aucun relai ce filament de 600 μ ?

Ainsi que nous le verrons plus loin et comme nous l'avons déjà décrit plus haut, nous considérons les rubans de *Gallionella* comme l'évolution très poussée d'une série de microbes formant des chaînes plus ou moins développées; comme, la juxtaposition bout-à-bout ou côte à côte d'une série de capsules elliptiques; les torsades du ruban final dépendant du nombre, de la dimension et de la fonction des capsules; celles-ci entourent un cocci ou un bacille; la capsule n'est pas sécrétée immédiatement de sorte que le microbe peut se diviser et donner des cellules filles qui de proche en proche assure la continuité du phénomène. A la fin de leur végétation libre et durant l'encapsulage, les cellules voisines fusionnent souvent leur parois pour obtenir finalement l'image d'un ruban.

Or ces cocci et ces bacilles peuvent avoir une vie libre et se multiplier parfaitement dans les milieux peptonés sans fer.

Tout ceci confirme le pléiomorphisme de ces cocci en fin de végétation.

Il est bien difficile d'admettre encore après ces considérations le caractère autotrophe de *Gallionella*; si le fer est indispensable et est

la cause de cette façon de vivre et de se développer des B. F., si celui-ci enfin est nécessaire pour assurer le plein développement final des formes classiques tels que nous avons appris à les connaître au début, il est difficile d'admettre que l'oxydation des sels ferreux soit indispensable au métabolisme et qu'il ne s'agit d'autre chose que d'un phénomène secondaire.

Remarques écologiques: Les ferrobactériacées s'accommodent dans la nature de température très variable; cependant l'optimum pour *Leptothrix* se situe aux environs de 20° et pour *Gallionella* aux environs de 6°.

On trouve les bactéries ferrugineuses dans les ruisseaux même à des températures très basses. En février et en mars, déjà à la fonte des neiges et sous la glace. Dans les mares, elles paraissent en régression en juin et juillet lorsque la température est élevée. Peuvent être mis en cause, soit la concentration trop élevée par suite de l'évaporation de certains composés organiques provenant de la transformation plus intense de restes de végétaux; soit la diminution de la teneur en oxygène aux températures élevées.

Aux mêmes endroits LIEKSE et CHOLODNY ont observé en hiver la présence exclusive de *Gallionella* tandis qu'en été une végétation luxuriante de *Leptothrix* s'installait sans trace de *Gallionella*.

Dans un réservoir où jaillit une source dont la température est de 5—12 ces auteurs remarquent *Gallionella*, *Leptothrix*, *Trichogenes* et parfois *Sideromonas Confervarum*, mais pas de *Leptothrix ochracea* ni de *Leptothrix crassa*; un peu plus loin, une conduite amène cette eau dans un petit lac dont la température en été est de 20 ; au débouché de cette conduite ils trouvent d'énormes quantités de *Leptothrix ochracea*.

Ces remarques plaident également en faveur du pléiomorphisme d'une même espèce s'adaptant aux conditions de milieu les plus diverses. La lumière ne joue aucun rôle, mais les conditions chimiques et physiques du milieu ont beaucoup d'importance. Les bactéries ferrugineuses se rencontrent toujours dans des eaux douces sans calcaire provenant des terrains marécageux; ces eaux contiennent toujours une certaine quantité de matières humiques; elles sont acides et tiennent en tous temps mais d'une façon plus intense en période de crue une quantité importante d'argile colloïdale. Elles ont une teneur faible en acide carbonique et sont saturées en oxygène; elles sont très agressive.

ESSAIS de CULTURE des FERROBACTERIACÉES

De nombreux auteurs ont essayé de cultiver les bactéries ferrugineuses; les conditions diffèrent beaucoup d'un auteur à l'autre, de même que leurs résultats.

De nombreux facteurs interviennent qui ne sont pas suffisamment précisés; parmi ceux-ci, la nature de l'eau, la souche des bactéries ferrugineuses qui sert à l'inoculation et enfin la nature des substances dissoutes ont une importance primordiale. Aussi quand on veut reproduire les expériences de différents auteurs, on échoue bien souvent.

S'il est relativement simple cependant d'obtenir une culture modérée, c'est-à-dire de voir se développer pendant quelques jours les bactéries inoculées au milieu et obtenir de petites colonies, il est plus malaisé de réaliser en laboratoire des cultures massives et de reproduire la luxuriance de végétation telle qu'on la rencontre dans la nature où l'on voit se développer les ferrobactériacées à vue d'œil et donner des masses très volumineuses en peu de temps. Or, c'était là un des buts principaux que nous poursuivions, afin de déterminer les facteurs qui président à ces pullulations. Il faut remarquer que les milieux à base de gélatine sont inutilisables, car celle-ci se liquéfie extrêmement vite; force est donc d'utiliser des milieux liquides.

Dans les essais *in vitro*, lorsque l'on part d'une forme agée de bactéries ferrugineuses, présentant un des aspects classiques décrits plus haut, il est difficile de reproduire en masse les formes de départ. Ce sont des formes différentes qui se développent ne rappelant que de loin les formes typiques; sauf pour *Leptothrix ochracea* et *sidéropous* dont la forme obtenue en culture se rapproche assez bien de la forme de départ, avec cette remarque que les filaments observés présentent une variété de dimension extraordinaire et qu'en général, ils sont moins épais que ceux trouvés dans la nature.

I CULTURES IMPURES

1) — Nous référant au caractère autotrophe des bactéries ferrugineuses, admis par de nombreux auteurs, nous avons essayé de les cultiver dans des milieux liquides synthétiques.

Type de milieu synthétique proposé pour la culture des

B.F.:	NH ₄ /2 SO ₄	1.5 gr.
	K Cl	0,05 gr.
	KH ₂ PO ₄	0,05 gr.
	Mg NO ₃ /2	0,01 gr.

Ca Cl₂ 0,01 gr.
+ 4 clou rouillé ou
sel de Nohr 0,5 gr.
CO₂ 1% en volume, facultatif.
Eau douce non calcaire: 1000 cc³

La croissance de nos bactéries ferrugineuses sur ce milieu est mauvaise. En faisant varier qualitativement et quantitativement les sels entrant dans la composition du milieu, en faisant varier le pH, la température, en utilisant ou en écartant l'influence de la lumière, les résultats ne furent pas meilleurs.

Les milieux ont été inoculés à partir d'un dépôt très riche en *Gallionella*, *Spirophyllum* et *Leptothrix*.

Nous avons constaté le développement de formes réduites, d'aspect chétif et qui ne donneront dans aucun de nos essais naissance à des formes adultes; une très grande abondance de petites cellules rondes de 2 à 3 μ de diamètre, que nous pourrions rapporter aux conidies qu'ELLIS a décrites pour le *Spirophyllum*, sans que ces cellules aient donné des formes adultes par la suite. Certaines de ces cellules s'écrasent en prenant une forme ovulaire; elles se divisent et donnent parfois de petites chaînettes de 5 à 6 cellules semblables accolées. Dans ce cas, elles rappellent les jeunes conidies de *Crenothrix*, quoique cette espèce ne soit pas représentée dans nos dépôts ayant servi à l'inoculation.

Après le 12^e jour, les cellules sont en voie de disparition sans que l'on distingue de formes plus âgées ou plus développées auxquelles, elles auraient donné naissance.

La grande variété de formes observées dès le début de l'expérience; ces vellétés de développement avortant rapidement sont autant de signes indubitables de dégénérescence et prouvent qu'un ou plusieurs facteurs manquent pour permettre le développement parfait de ces organismes.

2) — Les eaux dans lesquelles nous trouvons des bactéries ferrugineuses étant très aérées, nous avons apporté une modification aux milieux précédents: a) en réalisant un barbotage d'air lent ou violent: De cette façon nous obtenions une mince couche de bactéries couvrant le fond de nos récipients; nous y trouvons à côté de quelques rares filaments de *Gallionella*, de nombreuses formes réduites qui même après 30 jours sont restés dans le même état; de très nombreuses formes de *Leptothrix* de dimension très variable furent observées, quoique cette bactérie ne prédominait pas, loin s'en faut dans la culture ayant servi à l'inoculation du milieu.

b) En travaillant en eau courante, nous servant d'une eau favorable, stérilisée au préalable par filtration. Un dispositif spécial nous permettait de dériver avec le courant d'eau principal, divers milieux

liquides synthétiques. Nous avons disposé dans nos récipients divers matériaux tels que sable, gravier, quartzites, argile limoniteuse comme substrat et point d'attache de nos cultures.

Seuls, les essais avec comme substrat, de l'argile ou recevant en dérivation un liquide ayant passé sur de l'argile nous donnèrent satisfaction.

3) Nous avons repris alors les milieux liquides à eau stagnante avec barbotage d'air en utilisant divers matériaux comme substrat.

a) Un milieu synthétique avec ciment en blocs comme substratum s'est révélé défavorable par suite de l'alcalinisation du milieu.

Comme nous le verrons plus loin, la présence de chaux arrêtent toujours le développement des B.F.

b) 1 eau douce avec dépôt d'argile limoniteuse.

c) 1 décoction de tourbe acide débarrassée au préalable du fer ferrique en excès.

d) 1 eau douce avec dépôt d'argile blanche.

e) 1 décoction de terre tourbeuse.

Tous ces milieux furent adaptés à un pH de 5,5—6,8. Temps 20 .

Début de développement dans tous les milieux de b) à e).

Mise en évidence de *Crenothrix polyspora* en d) après 6 jours disparaissant complètement après 9 jours.

Mise en évidence de *Cladothrix* en c) après 9 jours disparaissant par la suite.

4) Nouveaux milieux à eau stagnante non inoculés avec.

a) immergées, une noix de terre tourbeuse, une noix d'argile ocreuse, une noix d'argile blanche fraîche.

b) Liquide décanté d'une décoction de foin avec argile ocreuse et ocre.

c) une noix d'argile blanche sèche, une noix d'argile banale mêlée de terre tourbeuse.

Après 16 jours on constate en a).

l'apparition d'un dépôt brun sur la noix d'argile blanche avec nombreux et vigoureux *Spirophyllum*, plus une flore banale adventice assez abondante.

Après six semaines, toute forme organisée a disparu de ce dépôt; mais le dépôt inorganique d'ocre, qui eut donc ici une origine nettement biologique, persiste sur l'argile même après 3 mois.

Nous reviendrons sur ce point ultérieurement à propos des dépôts des canalisations; car ce dépôt tel quel, constitue un admirable point d'attache pour une nouvelle végétation si elle avait pu se produire dans notre milieu.

en b) gros bâtonnets mobiles peu chargés d'ocre que nous pûmes identifiés ultérieurement comme formes jeunes de *Leptothrix*. Après 1 mois ces bâtonnets se sont raréfiés; mais les exemplaires

restants ont considérablement grossi et ont la morphologie typique de *Leptothrix*; plusieurs exemplaires montrent des véléités de torsade. Si ces mouvements avaient été plus accentués nous aurions obtenu des formes similaires au *Spirophyllum*.

A noter qu'à la fin de la culture ces bâtonnets sont immobiles alors qu'ils se déplaçaient assez rapidement au début.

en c) néant.

Conclusions des séries d'expériences 1—4

Si l'on a obtenu de temps à autre un développement relatif des B.F. in vitro, celui-ci cependant s'arrête assez rapidement, puis régresse; les B.F. finissent par disparaître de nos milieux, qu'il s'agisse des milieux inoculés à partir d'un dépôt riche en B.F., ou qu'il s'agisse de prélèvement d'échantillons de sols sans inoculation préalable.

Jusqu'à présent, il nous a été impossible d'entretenir une telle culture, moins encore de réussir des repiquages à partir d'une 4^e jour.

Certains matériaux comme l'argile paraissent bien excercer une influence élective et nettement favorables à la mise en train de la culture, même si par après pour des raisons qui nous restent à déterminer, cette culture s'arrête, après avoir épuisé, dirait-on le substrat des substances nécessaires au métabolisme des B.F.

Rappelons que ces essais ne visent pas à faire pour le moment de la culture pure; nous travaillons comme dans le cas de la nature en milieu fortement contaminé par des commensaux habituels des eaux, du sol, etc, et que ces cultures ont été faites en milieu liquide.

5) Différents essais avec citrate de fer ammoniacal, tartrate ferricopotassique, sel de Mohr, sulfate ferreux, sulfate ferrique avec argile, ne nous donnèrent aucun résultat appréciable.

6) Par contre si avec de l'eau de distribution nous employions de l'argile ocreuse comme substrat, traitée au préalable par du Na_2S à pH 7, 7, nous obtenions après 10 jours de culture à 20°, une flore mobile de formes courtes et moyennes de *Leptothrix*, extrêmement abondants; de beaux exemplaires de *Spirophyllum* furent observés également.

Ce traitement de l'argile par un corps réducteur, avait été fait à dessein dans le but d'étudier l'influence de la flore adventice; celle-ci fut considérablement activée; mais parallèlement nous pûmes constater que le développement des B.F. en retirait également un bénéfice appréciable.

Les bactéries apparurent plus chargées d'ocre et à la fin de l'ex-

périence plus vigoureuses que dans les autres essais. Mais nous ne pûmes poursuivre cette culture au delà d'un temps moyen.

Il est certain qu'en procédant de cette façon nous provoquons la formation de sulfure de fer, qui était mis en solution à l'état de $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ sous l'influence de la flore de l'argile; ce bicarbonate ferreux contribue certes pour une part à la vitalité des B.F.; qui se montrèrent toutes abondamment chargées d'ocre.

Un fer ferreux soluble à l'état naissant, semble leur être nécessaire.

7) Si après traitement de l'argile par Na_2S nous employions au lieu d'eau douce une eau saturée en CO_2 nous provoquons la formation de quantités importantes de $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$. Par cet excès en CO_2 , nous gênions l'évolution normale des flores en présence; les résultats furent moins encourageants que dans le milieu précédent. Au début les *Leptothrix* furent très abondants quoique moins mobiles; mais il ne tardèrent pas à régresser.

Les *Spirophyllum* et *Gallionella* étaient constituées surtout par des formes réduites. De plus le bicarbonate ferreux formé ne tarde pas à s'oxyder et à précipiter sous formes de composés ferriques insolubles; les ferrobactériacées se trouvèrent noyées dans ces composés inorganiques sans en tirer le moindre avantage; leur gaine n'apparaissant pas plus chargée d'ocre, bien au contraire. Ceci tend à montrer que le bicarbonate ferreux n'est utile aux ferrobactériacées qu'à l'état naissant; cet état est réalisé quand le CO_2 d'origine biologique se forme et exerce son action sur le FeS parallèlement et au fur et à mesure du développement des ferrobactériacées.

8) L'expérience 6 fut reprise avec des doses croissantes de Na_2S pour une quantité fixe d'argile ocreuse.

Alors que les doses de sulfure croissantes apportaient un surplus d'alcali (la solution de Na_2S étant très alcaline), le pH se maintint à 7,7 dans tous nos milieux ainsi préparés. Les doses de soude ainsi ajoutées se trouvaient fixées et tamponnées par l'acide humique insoluble se trouvant en abondance dans l'argile employée.

Plus la quantité de sulfure était forte et plus vigoureuses apparaissaient les bactéries ferrugineuses.

Dans les essais où le sulfure était en défaut par rapport à l'ocre, il se formait des sulfates et les sels ferriques étaient plus abondants que les sels ferreux.

Dans les essais où le sulfure était en excès, on avait pas de formation de sulfates ni de sels ferriques; le fer était ferreux exclusivement; l'acide carbonique et les humates étaient très abondants.

Selon que le milieu était oxydant où réducteur, une flore adventice accompagnait les ferrobactériacées; elle prenait parfois une très grande extension.

L'incidence de ces „commensaux” sur le développement des ferrobactériacées n'est pas douteuse; elle fera l'objet de recherches spéciales.

9) Nous nous sommes demandés si l'acide humique présent dans la boue n'était pas un facteur favorisant la croissance des ferrobactériacées. Cet acide humique, nous l'entraînions partiellement en solution, lorsque nous traitions nos boues par Na_2S ou par NaOH .

Si après un tel traitement nous ajoutions du HCl de façon à obtenir un pH de 6, (ce qui nous permettait de ne pas reprécipiter totalement les acides humiques mis en solution), nous obtenions un liquide qui utilisé tel quel ne favorisait guère le développement des ferrobactériacées; par contre, additionné d'ocre fraîche, il donnait des résultats des plus encourageants. Nous eûmes de magnifiques formes de *Gallionella* et des *Leptothrix* très longs et d'une vitalité intense.

La même expérience à un pH inférieur annihilait l'action de l'acide humique du fait de sa précipitation.

Nous avons alors préparé de l'acide humique à partir de la tourbe. Après précipitations successives, purification et lavage, le précipité d'acide humique était dispersé dans des solutions à pH compris entre 5,5 et 6,6. Les ferrobactériacées ne parviennent pas à se développer dans ce milieu; mais si on l'additionne de boue fraîche, avec ou sans Na_2S , on obtient de très belles végétations.

Utilisé seul, l'acide humique n'est pas favorable; mais si on l'utilise pour enrichir les milieux naturels non stériles de boue ocreuse sulfurée ou non, alors il exerce une influence favorable sur le développement des ferrobactériacées. Il peut agir comme agent complexant le fer; Fe_2O_3 est solubilisé par l'humate de soude. On réalise de cette façon un complexe dont CAMPBELL et après lui, ELLIS et d'autres avaient soupçonné l'existence et qu'il considérait comme indispensable aux ferrobactériacées.

10) Quantité d'argile:

L'argile ocreuse utilisée dans certains de nos essais provenait d'un dépôt laissé par des eaux riches en bactéries ferrugineuses. Cet apport constituait déjà par lui-même une inoculation massive de ferrobactériacées à nos milieux. Somme toute, nous ne faisons rien d'autre que de prélever une boue en place où à l'état naturel les ferrobactériacées se développaient à un rythme rapide, la transplanter dans un flacon et suivre ainsi son développement in vitro sous l'influence de divers facteurs.

Chaque essai comportait un témoin avec une quantité de boue identique placée dans de l'eau pure; et c'est de la comparaison de l'essai et du témoin que l'on tirait les déductions déjà citées.

Répetons qu'il ne s'agissait pas de faire de la culture pure mais d'étudier le développement global d'une flore très complexe.

Or, nous avons remarqué que la quantité d'argile utilisée avait une grande importance; plus grande était cette quantité d'argile et plus vigoureuses étaient nos cultures avec de beaux exemplaires de ferrobactériacées adultes. La raison peut être tout d'abord, qu'il faut une flore adventice en quantité suffisante pour réaliser des conditions qui permettront aux ferrobactériacées de se développer au maximum.

En effets si nous stérilisons la plus grosse part d'argile utilisée, en conservant une petite part à l'état frais comme inoculant, les cultures traînent et ne partent pas.

Mais, quelle que soit la richesse initiale en bactéries adventices que l'on peut corriger et ramener à un taux uniforme pour un ensemencement préalable, on n'obtient jamais d'aussi bons résultats qu'avec des quantités d'argile importantes à l'état frais.

Intervient donc non seulement la notion de masse, mais aussi et surtout la notion de fraîcheur et de caractère vivant du matériel employé. En d'autres termes la présence de substances biotiques thermolabiles résultant de la prolifération préalable, soit d'une flore adventice, soit des ferrobactériacées elles-mêmes à un premier stade de végétation non encore reconnu, semble être indispensable au développement complet des bactéries ferrugineuses dans leur morphologie classique.

Si l'on passe en revue les séries d'expérience reprises plus haut, on constate que certains facteurs méritent d'être retenus, comme la nature acide de l'eau, l'absence de chaux, l'influence des sulfures, le rôle de l'acide humique, le rôle de la masse d'argile ou du substrat, son état de fraîcheur, la flore adventice, l'existence des principes biotiques et thermolabiles etc. etc.

Mais chacun de ces facteurs pris isolément est tout au plus capable de favoriser le développement des B.F. pendant un temps très court; à lui seul, il ne peut assurer un développement parfait et durable à la culture; il ne peut agir que de concert avec tous les autres facteurs réunis.

Aussi nos essais de culture, s'ils se sont montrés favorablement influencés dans plusieurs cas, cette action ne s'est marquée que par une prolifération relative de telle ou telle espèce, parfois peu représentée dans nos souches servant à l'inoculation. Au bout d'un temps variable, la culture finit chaque fois par stagner et regresser. Ce n'est que très rarement que nous avons eu des modifications macroscopiques importantes, telles que formations de nodules avec zooglées, qui si elles s'étaient accentuées, auraient reproduits en petit dans nos ballons, ce qui se passait en grand dans la nature. Or, c'était là notre but principal. La continuité dans l'apparition des différents phéno-

mènes, l'entretien ininterrompu des facteurs favorables, l'espace, la masse, l'atmosphère, les conditions de temps, de durée, de fraîcheur et de vie manquaient incontestablement.

C'est alors que nous avons abandonné les cultures à l'échelle du ballon, de l'Erlenmeyer ou de la boîte de Petri pour les transposer à l'échelle beaucoup plus vaste d'une cuve de 120 litres en nous rapprochant le plus possible des conditions naturelles, alimentation continue en eau douce, action des différents horizons pédologiques en permettant autant que possible aux facteurs reconnus favorables d'exercer leur rôle.

Une cuve en grès de 120 litres est remplie de bas en haut au moyen de:

- 1) une couche de quartzites et de phyllades (salmien et revinien)
- 2) une couche d'argile blanche
- 3) une couche de tourbe bien décomposée
- 4) une couche de tourbe jeune
- 5) une couche de sphaignes vivantes

Cette cuve est arrosée sans arrêt par une eau douce exempte de chaux, acide de pH 5,7; les parties végétales continuent leur cycle végétatif.

L'eau descend de haut en bas jusqu'à la couche d'argile blanche; puis elle est dérivée latéralement dans une autre cuve qui a reçu de l'argile jaune (prélevée sur les terrains). De cette seconde cuve, elle sort et ruisselle à l'air sur des planchettes recouvertes de papier filtre épais; puis, elle est évacuée dans un chenal. (Voir photos 20 et 21).

Mise en train le 13/9/48.

Après 10 jours aucune formation n'est apparu, ni sur le filtre ni dans le chenal.

Dans la cuve no. 2 avec argile jaune, on retrouve des formes de bactéries ferrugineuses qui y préexistaient; elles ont formé peu à peu à la partie supérieure de la couche d'argile, une mince couche jaune de texture plus lâche et présentant une surface irrégulière et moutonnée; si nous prélevons dans un vase de cette argile et que nous la retournions sur une assiette, elle s'affaisse et s'étale rapidement.

L'eau ruisselant après le passage des deux cuves, montre un pH de 5,2, des traces de CO_2 , une quantité importante d'oxygène dissous absence de sulfates, traces de fer dissous (0,2 à 0,5 Fe 0'00), absence de calcium et de magnésium, traces de silice et d'alumine, matières organiques abondantes d'origine humique.

La cuve no. 1 recèle en profondeur au niveau de l'argile blanche des quantités importantes de H_2S ; en surface les sphaignes n'ont pas cessé leur cycle végétatif; elles croissent normalement et abondamment.

Le 23/9, à la suite d'une accentuation accidentelle du débit de l'eau, il y a foisonnement des différentes couches de la cuve no. 1 et l'eau à la sortie de la cuve no. 2 apparaît trouble. Le papier filtre est légèrement teinté en jaune par suite d'un dépôt d'argile ocreuse.

Remarquons que ces phénomènes se produisent fréquemment pour la plupart des eaux de la région, lors des chutes de pluie abondantes ou de la fonte des neiges.

Le 24/9, une légère couche d'ocre tapisse le fond du chenal.

Depuis le 22, le débit de l'eau a été régularisé et réduit au strict minimum pour bien imprégner les couches de la 1ère cuve; l'eau à la sortie de la cuve no. 2 n'apparaîtra jamais plus trouble, ni même opalescente.

Le 26/9, quelques nodules (gros comme un pois au maximum) apparaissent dans le chenal, nous y retrouvons surtout du *Leptothrix*.

Le 27, la couche d'ocre sur le papier et dans le chenal paraît plus épaisse. Huit jours avant, le papier était seulement teintée en jaune; maintenant un film mucilagineux, gras au toucher, y apparaît nettement.

Nous y trouvons de nombreuses bactéries ferrugineuses, surtout *Gallionella*, en bonne activité, de dimension moyenne. Comme il n'y a plus eu d'apport d'argile en suspension, nous supposons que les ferrobactériacées sont à même de fixer le fer dissous et les matières organiques de l'eau.

Le 4/10, grande variété de forme dans tout le système

a) sur les bords de la cuve no. 2: forte végétation accrochée constituées de bâtonnets très courts entourés d'une gaine mucilagineuse (*Leptothrix*).

b) dans le fond de la cuve no. 2 *Gallionella* et *Leptothrix*.

c) sur la planchette: le développement du film se poursuit: à la surface de celui-ci, nombreux *Leptothrix* courts; sous la surface à l'intérieur de la zooglé, nombreux et beaux *Gallionella*.

Il semble que immédiatement sous le courant ce sont les formes courtes de *Leptothrix* qui dominent donnant dans l'ensemble et macroscopiquement de longs filaments; tandis que à l'abri du courant à l'intérieur des zooglé, ou en eau calme, ce sont *Gallionella* longs et lourds parce que très chargés d'ocre qui dominent.

d) Les tubes de verre reliant la cuve no. 1 à la cuve no. 2, et la cuve no. 2 à la planchette se tapissent à l'intérieur de filaments bruns constitués par *Leptothrix* courts; ils obstruent à plusieurs reprises le tube et arrêtent le courant d'eau.

e) Dans la cuve no. 1, au niveau de l'argile blanche, formation continue de H_2S , provenant en partie de la réduction des sulfates, en partie de la décomposition des matières protéiques végétales.

L'eau à la sortie de la cuve no. 1 est fortement chargée en acides humiques.

Flora réductrice dans l'argile blanche.

L'eau réductrice de la cuve no. 1 complexe le fer insoluble de la cuve no 2 et l'entraîne en solution; l'acide carbonique concourt également à cette mise en solution en agissant sur le FeS.

Après six semaines, le mucilage sur la planchette n'a cessé de croître en prenant un aspect ridé avec des creux et des reliefs accentués; le maximum d'épaisseur est de 3 cm. (voir photo 21).

Après 2 mois: dans la cuve no 2, alors qu'au début l'argile ocreuse était plus ou moins pulvérulente et très peu plastique, après 2 mois du fait d'un développement très abondant de ferrobactériacées, elle a pris la consistance d'un gel; prélevée dans un vase et retournée sur une assiette, elle conserve longtemps cette forme avant de s'affaïsser.

L'expérience fut arrêtée; la cuve no 1 fut dégarnie de la couche de sphaignes vivantes; nous y laissâmes reposant sur l'argile blanche, des sphaignes mortes et de la tourbe. Le tout fut recouvert d'eau stagnante. Après plusieurs semaines il apparut sur les sphaignes en voie de décomposition des dépôts ocreux rougeâtres très riches en *Leptothrix* et *Gallionella*. Ailleurs, c'est-à-dire sur la tourbe et sur l'argile blanche, aucune formation semblable. Ces traînées rougeâtres sont identiques macroscopiquement et microscopiquement aux traînées rougeâtres que l'on remarque dans les fossés des fagnes. Il apparaît donc qu'à un certain stade de décomposition du sphagnum des conditions chimiques et bactériologiques peuvent apparaître localement qui permettent le développement des ferrobactériacées.

RECHERCHE et DOSAGE des VITAMINES

Comme nous l'avions entrevu dans nos essais de culture, ces microorganismes exigent pour leur croissance certains produits biotiques. Ils élaborent eux-mêmes comme beaucoup de bactéries plusieurs vitamines; l'argile au sein de laquelle ils prolifèrent dans la nature a la faculté comme on sait d'absorber ces produits de telle sorte que les boues végéto-minérales constituées d'argile ocreuse et de ferrobactériacées s'enrichissent progressivement en produits biotiques divers.

Nous y avons décelé des vitamines C et B; pour la vitamine C, les teneurs sont comprises entre 50 et 100 mgrs. d'acide ascorbique pour 100 grs. de boue fraîche; pour la vitamine B, on trouve 60 microgrammes de vitamines B (aneurine) pour 100 grs de boue fraîche.

(voir: Bulletin du Centre Belge d'Etude et de Documentation des Eaux no 4 - 1949, p. 216).

Signalons également que d'autres auteurs ont identifié la présence de caroténoïdes dans les boues et dans les tourbes; et que la présence d'hormones dans les tourbes est chose connue depuis longtemps. Dans les tourbes, comme dans les boues ocreuses, on rencontre toute une flore spéciale où sont abondamment représentées les ferrobactériacées; vu le caractère très réducteur de ces milieux, elles ne peuvent contribuer à la formation de dépôts ocreux au sein de la tourbe; mais leur présence est constante; et l'on sait que les eaux sortant de tourbières acides conviennent particulièrement bien pour assurer la croissance des bactéries ferrugineuses dans leur forme classique.

CONCLUSIONS de la PREMIÈRE PARTIE

Après avoir exposé le rôle des ferrobactériacées dans la nature et passé en revue les différentes espèces rencontrées, nous avons tenté de réaliser des cultures pures de quelques espèces, en travaillant avec du matériel et des milieux préalablement stérilisés, comme il se doit, et en partant de souches impures rencontrées dans la nature.

Ces essais ont été faits soit sur milieu solide, soit sur milieu liquide à l'échelle de la boîte de Pétri, du ballon ou de tubes. Si certaines cultures se développèrent, jamais cependant on ne put reproduire les bioglées classiques que l'on trouve *in vivo*; jamais non plus, on ne put séparer les bactéries ferrugineuses „adultes” et revêtant la morphologie classique décrite depuis longtemps par de nombreux auteurs, d'une flore adventice faite de cocci, ou de bacilles, encapsulés ou non. Les milieux qui convenaient le mieux à la prolifération de cette flore adventice, étaient aussi ceux où l'on voyait apparaître finalement les plus beaux exemplaires de bactéries ferrugineuses.

L'étude du développement de cette flore adventice, sans faire intervenir dans ce cas, le métabolisme du fer, nous a montré, que ces microbes avaient une tendance marquée à se mettre en file, à s'entourer d'une gaine commune etc., pour donner finalement des images, qui aident à comprendre la morphologie classique des bactéries ferrugineuses proprement dite; principalement de deux d'entre-elles, les plus importantes: *Leptothrix*, long filament mono ou pluricellulaires, entouré d'une gaine, *Gallionella*, observé jusqu'à présent comme un ruban plat torsadé, et que nous considérons, plutôt comme l'image résultant d'une suite de capsules diversement évoluées, formant les maillons d'une chaîne.

D'autres part, dans des essais de cultures impures, nous avons réussi au bout de six semaines, à cultiver des bactéries ferrugineuses

en grand et à reproduire d'une façon aussi rapide et aussi nette les phénomènes qui se passent normalement dans la nature, au niveau des drains, des tuyaux, des fossés etc. Le premier but que nous nous étions assigné est donc atteint. Nous avons mis en évidence la succession des phénomènes et identifié les facteurs favorables.

Mais c'est grâce à la coordination de ceux-ci, aux conditions de masse, de volume et d'entretien continu que nous avons réussi à reproduire en laboratoire des phénomènes qui se passent en grand dans la nature. Du point de vue technique, il nous reste à voir quelle sera la réponse de ces cultures à l'accentuation ou à la suppression d'un ou de plusieurs de ces facteurs; il nous faudra voir ensuite de quelle façon on peut provoquer l'arrêt du développement des ferrobactériacées.

On peut déjà affirmer que la suppression du fer seul ou du manganèse seul, ou de ces deux éléments est insuffisante; des modifications de pH dans le sens de l'alcalinité sont aussi insuffisantes; par contre l'addition d'alcalino-terreux Ca. Mg, à un pH adéquat, réalisant le blocage des composés humiques et de l'acide sulfhydrique naissant, arrête d'une façon absolue tout développement.

Du point de vue scientifique, le problème n'est pas non plus résolu. Il nous reste à reprendre les essais de culture pure, compte tenu des données acquises et à mettre en évidence l'action symbiotique, des flores adventices. D'ores et déjà, on peut affirmer que le développement continu et suffisamment prolongé d'une espèce ne peut se concevoir sous l'action d'une flore adventice réductrice.

On peut même se demander s'il n'existe pas des rapports plus directs entre la flore réductrice et les ferrobactériacées elles-mêmes; en d'autres termes les bactéries réductrices durant la phase anaérobie, après avoir réduit les matières organiques et minérales en éléments simples en y trouvant une énergie favorable à leur métabolisme, ne peuvent-elles après épuisement du milieu, présider sous une forme de végétation nouvelle à l'installation d'une phase aérobie et jouer le rôle d'agents oxydants. Les bactéries ferrugineuses seraient dans ce cas, des fins de végétation d'un ou plusieurs organismes simples dont le pléiomorphisme serait remarquable.

Si cette hypothèse se vérifiait, il faudrait reconsidérer sous un jour nouveau le rôle des bactéries saprophytes banales, facultativement réductrices et anaérobies dans les sols et dans les eaux à ferrobactériacées.

Institut d'Hydrologie Henrijean Etablissement des Bains. Spa.
Centre Belge d'Etudes et de Documentation des Eaux.
Université de Liège.

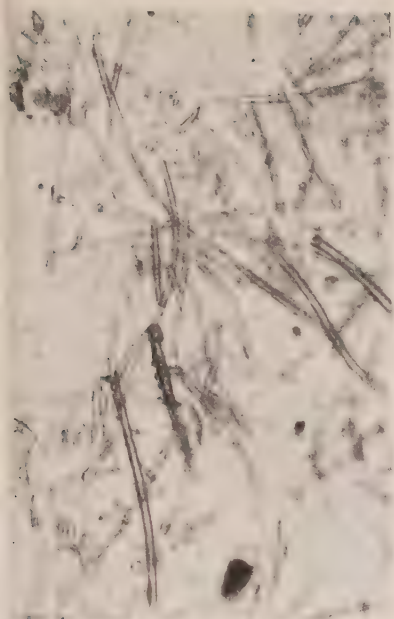
LEGENDE des PLANCHES des MICROPHOTOGRAPHIES

Grossissement: 1370.

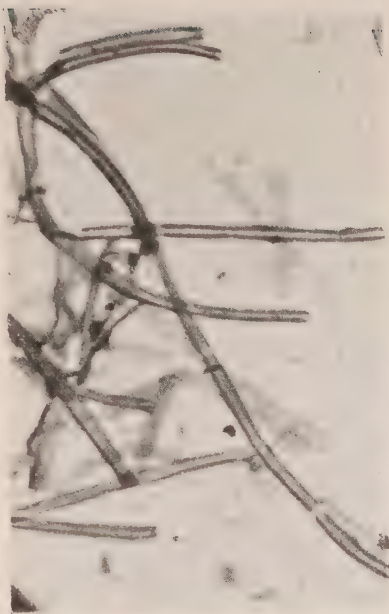
1. *Leptothrix ochracea*. (Source ferrugineuse. Spa).
2. *Leptothrix ochracea*. (Fossé Fagne).
3. *Gallionella*. (Source ferrugineuse. Spa).
4. *Gallionella*. (Ornières. Spa).
5. *Siderocapsa*.
6. *Leptothrix*. (Culture jeune).
- 7.8. *Leptothrix*: culture jeune: les bacilles commencent à se mettre en file.
9. *Leptothrix*: culture jeune: les bacilles mis en file, commencent à fusionner.
Au centre on remarque un S formé de deux bacilles recourbés en sens inverse. Comparer la fig. II.g.
10. *Leptothrix*: culture plus âgée: bacilles encapsulés en file: la fusion n'est pas encore complète.
11. *Leptothrix*: culture vieille. La fusion est presque complète; la gaine commune commence à se marquer.
- 12.13.14. Culture jeune à partir de *Gallionella* et *Leptothrix*. Bacilles et capsules elliptiques. Les capsules tendent à se juxtaposer.
- 15.16. *Gallionella*: culture jeune sur Müller.
Les capsules se juxtaposent par paire (1^e stade)
17. *Gallionella*: culture plus âgée; les capsules se juxtaposent par 5, 6 ou plus.
- 18.19. Evolution des bacilles ou cocci encapsulés Fe_2O_3 par juxtaposition vers *Gallionella*: chaînes à maillons et non ruban torsadé.

(Microphotographie: GEORGES VAN BENEDEN et DECOUX).

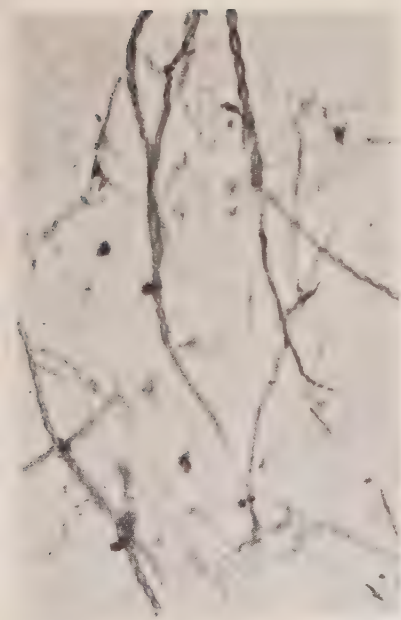
1). Nous tenons à remercier Monsieur Batta, Professeur de chimie Industrielle à l'Université de Liège qui a bien voulu mettre à notre disposition l'appareil Galliléo pour la prise des microphotographies.



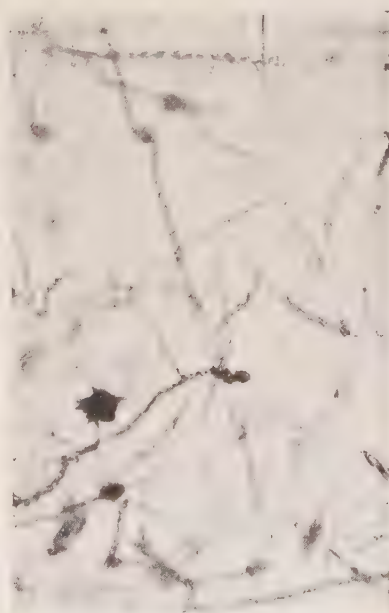
1



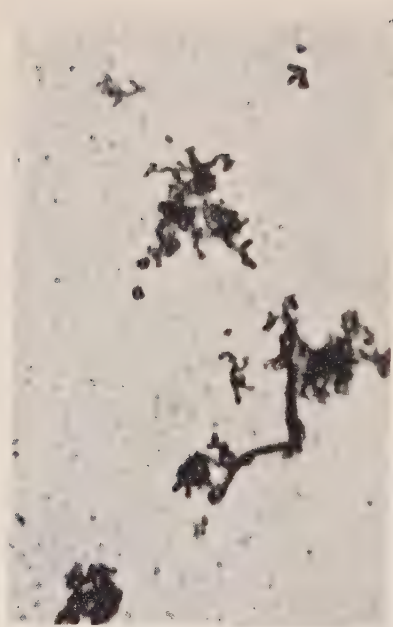
2



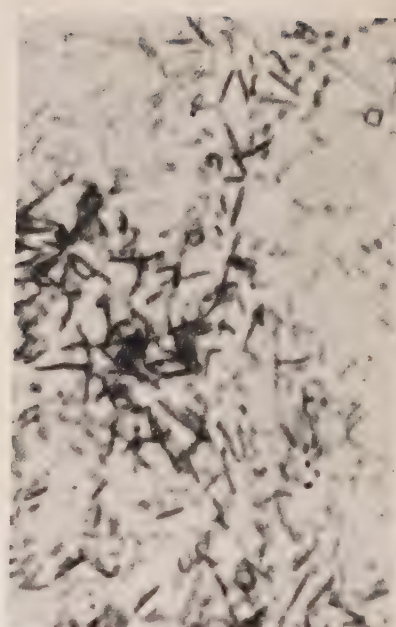
3



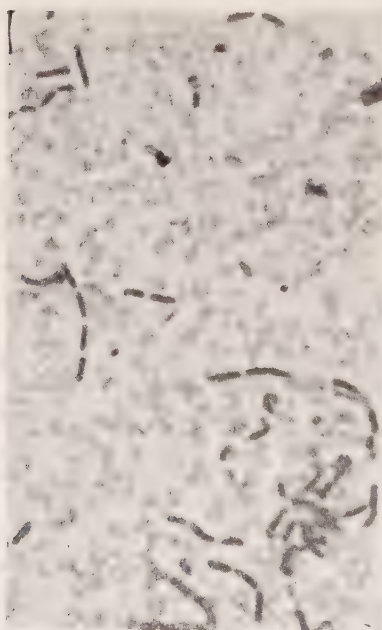
4



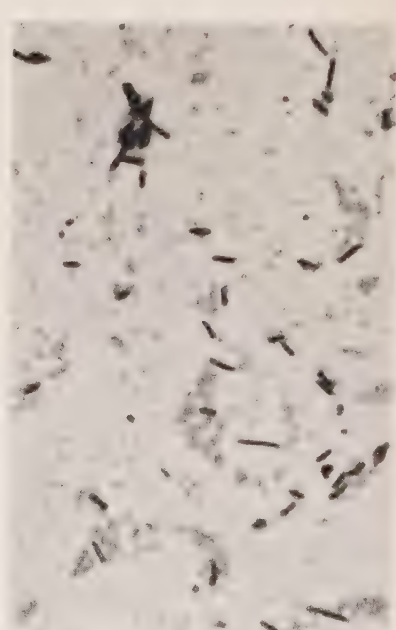
5



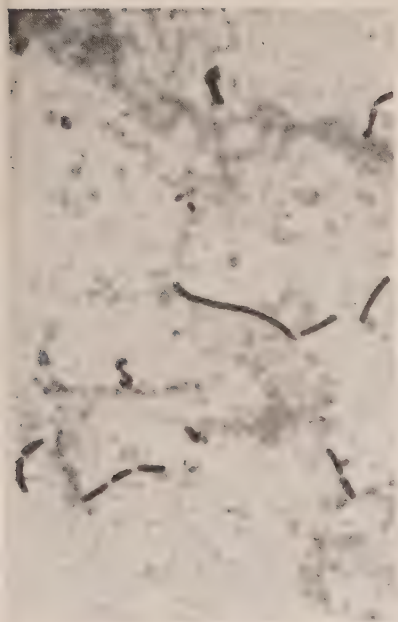
6



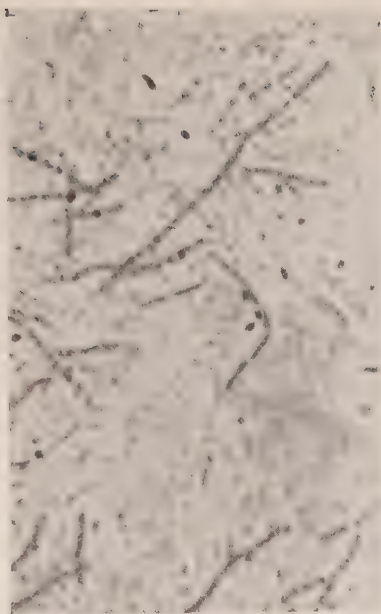
7



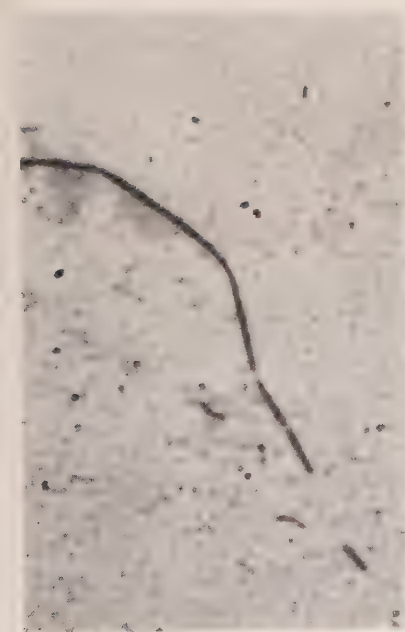
8



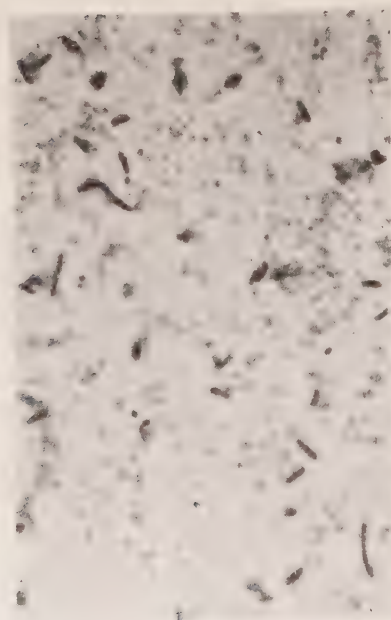
9



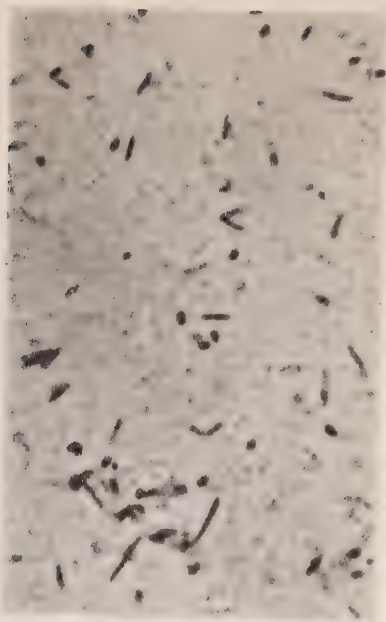
10



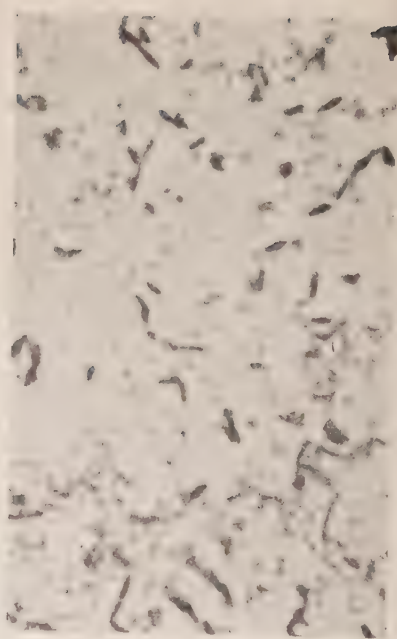
11



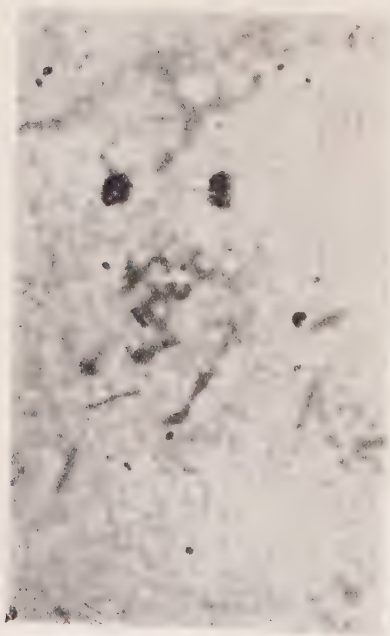
12



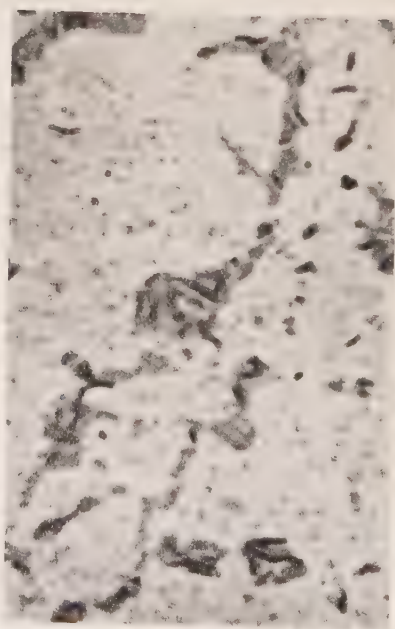
13



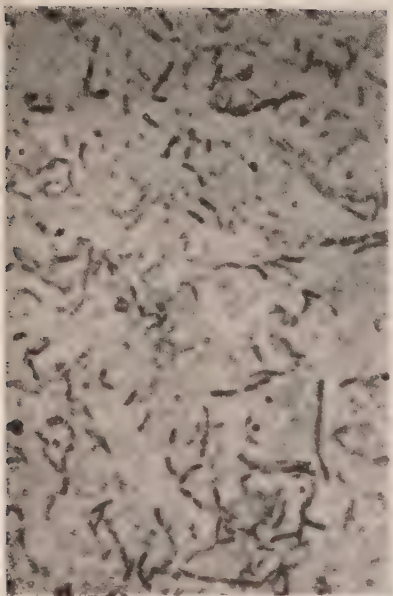
14



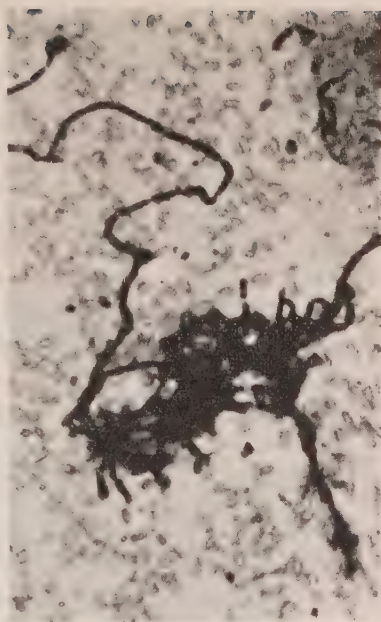
15



16



17



18



19



Phot. 20.

Montage pour la culture impure de Ferrobactériacées.



Phot. 21.

La même planchette vue en 20 agrandie montrant les amas de ferrobactériacées.

BIBLIOGRAPHIE

- ADLER, O., 1904. Über Eisenbakterien in ihrer Beziehung zu den therapeutisch verwendeten natürlichen Eisenwassern. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 2: 215.
- ALGOLOGISCHE NOTIZEN II. 1931. Euglenocapsa ochracea. *Arch. Protistenk.* 76: 592.
- ASCHAN, O., 1907. Die Bedeutung der wasserlöslichen Humusstoffe (Humussole) für die Bildung der See- und Sumpferde. *Z. prakt. Geol.* 15: 56.
- BAIER, C., 1929. Über Eisenbakterien im Spülschlamm des Krefelder Wasserwerks. *Die Natur am Niederrhein, Heft 2.*
- BATTA, A., 1939. Les Bactéries ferrugineuses, la faune et la flore des membranes biologiques. *Rev. univ. des Mines.*
- BENECKE, W. Bau und Leben der Bakterien. 1912.
- BENECKE, W. und A. JOST, Pflanzenphysiologie, Bd. I. 1924.
- BERGER, H., 1937—38. *Gas- und Wasserfach.* 80: 779—784; 81: 35—39.
- BEIJERINCK, M. W., 1913. Oxydation des Mangankarbonates durch Bakterien und Schimmelpilze. *Folia microbiologica, Delft.* 2.
- BEYTHIEN, J. C. HEMPEL u. A. KRAFT, 1904. Beiträge z. Kenntnis des Vorkommens von Crenothrix polyspora in Brunnwässern. *Z. Unters. Nahrungs- und Genussm.*
- BINACHI, A. Tubazoni in Ghisa ed altri materiali contenenti Ferro studiati in rapporto alla formazione dei tubercoli ferruginosi e al rammonimento del materiale delle condutture. Istituto d'igiene della R. Università di Cagliari. 1913.
- BOYCE, R., 1902. Note upon fungus deposits in unfiltered water mains. *Tompson Yates Lab., Liverpool,* 4: 409.
- BROWN, CAMPBELL, 1903—04. Deposits in Pipes and other Channels conveying Potable Water. *Proc. Inst. Civ. Engin. Part II.*
- BRUSSOFF, A., 1916. Ferribacterium duplex, eine stäbchenförmige Eisenbakterie. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 45: 547.
- 1918. Über eine Stäbchenförmige, kalkspeichernde Eisenbakterie aus dem Klärschlamm einer biologischen Abwasserkläranlage. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 48: 193.

- BUSGEN, M., 1894. Kulturversuche mit *Cladothrix dichotoma*. *Ber. dtsch. bot. Ges.* 12: 147.
- BUTKEWITSCH, W. S. Die Bildung der Eisen-Manganablagerungen am Meeresboden u. die daran beteiligten Microorganismen. (Russ. m. dtsch. Zusammenf.) Sonderdruck aus den Berichten d. Wissensch. Meeresinst. (Trudy Morskogo Nauchnogo Instituta) 3, Lief. 3, Moskau 1928.
- CASAGRANDE, Q., Istituto d'igiene della R. Università di Cagliari. 1913.
- CATALDI, M. S., 1939—40. *Rev. Inst. bact. nacl. lig. Buenos Aires.* 9: 1—96; 393—423.
- CAYEUX, H. Introduction à l'étude des roches sédiments (1916).
- CHOLODNY, N., 1922. Über Eisenbakterien u. ihre Beziehungen zu den Algen. *Ber. dtsch. bot. Ges.* 40: 326.
- 1923. Über Eisenspeichernde Flagellaten: *Spongomonas* u. *Anthophysa*. *Arch. russ. Protistolog. Ges.* 2: 210.
- 1924. Zur Morphologie der Eisenbakterien *Gallionella* u. *Spirophyllum*. *Ber. dtsch. bot. Ges.* 42: 35.
- 1924. Über neue Eisenbakterienarten aus der Gattung *Leptothrix* Kütz. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 61: 292.
- 1927. Beobachtungen über die Mikroflora der Eisen- u. Schwefelgewässer des Kaukasus. *Travaux de la station biol. du Dniepre* 2, *Acad. des Sciences de l'Ukraine de la classe des Sciences Physique et Mathématiques*, 3, livre 4.
- 1929. Zur Kenntnis der Eisenbakterien aus der Gattung *Gallionella*. *Planta* 8: 252.
- CHOLODNY, N. Die Eisenbakterien. Beiträge zu einer Monographie. Pflanzenforschung, H. 4. Hrsg. von R. Kolkwitz, G. Fischer, Jena 1926.
- CLARKE, F., 1916. The data of geochemistry. *U. S. Geol. Surv. Bull.* 3 ed. 616.
- COHN, F., 1870. Über den Brunnenfaden (*Crenothrix polyspora*). *Beitr. Biol. Pfl.* 1: 108.
- 1875 Untersuchungen über Bakterien. *Beitr. Biol. Pfl.* 1: 185.
- CZAPEK, F. Biochemie der Pflanzen, Bd. 2: 414. 1905.
- DORFF, P., 1932. Järn- och mangan utfällningarna i Svartökärr. (Die Eisen- u. Manganausscheidungen im Niedermoor Svartökärr). (Schwed. m. ausführl. dtsch. Zusammenf.) *Svenska mosskulturforeningens tidskr.* 46, H. 2.
- , Bericht über die Bodenuntersuchungen des Spreegrundes bei Berlin—Köpenick. 1933.

- DORFF, P. Die Eisenbakterien. Pflanzenforschung H. 16. Hrsg. v. R. Kolkwitz, G. Fischer, Jena 1934.
- , Die Eisenorganismen II, Diss. Landw. Hochsch. Berlin 1934.
- EHRENBERG, D. C. G., 1836. Vorläufige Mitteilungen über das wirkliche Vorkommen fossiler Infusorien und ihre grosse Verbreitung. *Pogg. Ann. Phys. Chem.* 38: 213.
- , Die Infusionstierchen als vollkommene organismen. Leipzig 1838.
- ELLIS, D., 1907. A contribution to our knowledge of the thread-bacteria I. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 19: 502.
- , 1908. A preliminary notice of five new species of iron-bacteria. *Proc. Roy. Soc. Edin.* 28: 00.
- ELLIS, D., 1913. On the identity of *Leptothrix Meyeri* (Ellis) and of *Megalo-
lothrix discophora* (Schwers) with *Crenothrix polyspora* (Cohn). *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 38: 449.
- , Iron bacteria. 1919.
- FISCHER, A., 1895. Untersuchungen über Bakterien. *Jb wiss. Bot.* 27: 122.
- FLORKIN, M., 1932. Les ferments ferroporphyriques et leur importance en biologie. *Liège Medical.*
- FLUGGE, E. Mikroorganismen. 3 Aufl. Leipzig 1896.
- FRANCIS, W. D., 1933. The origin, classification and organic relationship of the protein, produced by inorganic ferruginous material. *Proc. Roy. Soc. Queensld.* 44.
- GAIDUKOW, N., 1905. Über die Eisenalge *Conferva* u. die Eisenorganismen des Süßwassers im allgemeinen. *Ber. deutsch. bot. Ges.* 23: 250.
- GARRETT, J. H., 1896. *Crenothrix Polyspora* var. *Cheltonensis*. *Publ. Hlth. Lond.*
- GIARD, A., 1862. Sur le *Crenothrix Kühniana* (Rabenhorst) cause de l'infection des eaux de Lille. *C. R., etc.*
- GICKLHORN, J., 1920. Studien an Eisenorganismen. I. Mitt. Über die Art der Eisenspeicherung bei *Trachelmonas* u. Eisenbakterien. *S. B. Acad. Wiss. Wien. Mat.-nat. Kl., Abt. 1*, 129.
- GRIFFITH, A., 0000. *Ann. Mag. nat. Hist. II. Ser.* 12: 438.
- GRUNER, J., 1922. The origin of sedimentary iron formations. *Econ. Geol.* 17: 407.
- , 1924. Contributions to the geology of the mesabi Range. *Univ. of Minnesota Geol. Surv. Bull.* 19.

- HADLEY, A. Studies in Microbiological Anaerobic Corrosion. Rpt. of the Techn. sec. Ann. Gas Assn. 1940.
- HALVORSON, H. O., 0000 *Soil Sci.* 32: 141—165.
- HANSRIG, A. Prodomus der Algenflora von Böhmen, Theil 2. Arch. naturw. Landesdurchforschung von Böhmen. Theil 8. nr. 4, Prag 1892.
- , Algenflora von Böhmen. Theil 2: 184. 893.
- HANSTEIN, J. Sitzber. niederrhein. Gen. Bonn, 6. Mai 1878.
- HARDER, E. C., 1915, Iron-bacteria. *Science, new ser.* 42: 310.
- 1919. Iron-depositing bacteria and their geologic relation. *U. S. Geol. Surv. P.* 113.
- HASSACK, C., 1887. Über das Verhältnis von Pflanzen zu Bikarbonaten u. über Kalkinkrustation. *Unters. bot. Inst. Tübingen* 2: 465.
- HERDSMAN, W. H., 1911. On the organic origin of the sedimentary ores of iron and of their metamorphosed forms: the phosphoric magnetites. *J. Iron and Steel Inst.*
- HOFLER, K., 1926. Über den Eisengehalt und lokale Eisenspeicherung in der Zellwand der Desmidiaceen. *S. B. Akad. Wiss. Wien, Kl. I.* 135.
- HOEFELICH, K., 1901. Kultur u. Entwicklungsgeschichte der Cladothrix Dichotoma (Cohn). *Oest. Mschr. Tierheilk.* 2.5
- HUEPPE, A. Naturw. Einführung in die Bakteriologie. Wiesbaden 1896.
- JACKSON, D., 1902. A new species of Crenothrix. *Trans. Amer. Microscop. Soc.* 23.
- JEGUNOW, M., 1897 89. Schwefeleisen u. Eisenoxydydrat in den Böden der Limane u. des Schwarzen Meeres. (Russ. m. deutsch. Übers.) *Annuaire géol. et minéral. de la Russie* 2: 157.
- KENDALL, J. D. The Iron-Ores of Great Britain. London 1893.
- KLEBS, G., 1886. Über die Organisation der Gallerte bei einigen Algen und Flagellaten. *Unters. bot. Inst. Tübingen* 2: 333.
- KLUYVER, A. J. u. C. B. VAN NIEL, 1926. Über Bacillus funicularius n. sp. nebst einigen Bemerkungen über Gallionella ferruginea Ehrenbg. *Planta* 2: 506.
- KOLKWITZ, R. Schizomycetes. Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. Bd. 5 I. Hft. 1909.
- , Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. G. Fischer, Jena 1922.
- KUTZING, F. T. Phycologia generallis. 1843.

- KUTZING, F. T. *Phycologia germanica*. Nordhausen 1845.
- , *Tabulae phycologicae* Bd. III, Taf. 48—49. 1853.
- LARSON, A., 1939. Bacteria Corrosion and red water. *J. N. E. W. works*
- LIESKE, R., 1911. Beiträge zur Kenntnis der Physiologie von *Spirophyllum ferrugineum*, einem typischen Eisenbakterium. *Jb. wiss. Bot.* 49: 91.
- 1919. Zur Ernährungsphysiologie der Eisenbakterien. *Zbl. Bakt.* (2 Abt.) 49: 413.
- , Bakterien u. Strahlenpilze in: *Handbuch der Pflanzenanatomie*, herausg. v. K. Linsbauer, Bd. 6. Wien 1922.
- LÖHNIS, F. Vorlesungen über landwirtschaftliche Bakteriologie, S. 197. Berlin 913.
- LUNDQUIST, G., 1923. Om roströr hos *Batrachospermum* och dessas förhållande till slamavlagringarna. *Bot. Notiser*: 285.
- MEEHAM, W. J. and L. G. M. BAAS-BECKING, 1927. Iron Organisms. *Science new ser.* 66.
- METTENHEIMER, C., 1856—58. Über *Leptothrix ochracea* u. ihre Beziehungen zu *Gallionella ferruginea* *Abh. Senckenberg. Naturf. Ges., Frankfurt.* 2.
- MIGULA, W., 1897. Über *Gallionella ferruginea* Ehrenbg. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 15: 321.
- , *System der Bakterien*, Bd. 2. 1900.
- MIYOSHI, M., 1897. Über das massenförmige Vorkommen von Eisenbakterien in den Thermen von Ikao. *J. Coll. Sc. Imp. Univ. Japan* 10 p. 2: 139.
- MOLISCH, H. Die Pflanze in ihrer Beziehung zum Eisen. 1892.
- 1909. *Siderocapsa Treubii* Molisch, eine neue, weitverbreitete Eisenbakterie. *Ann. Jard. Buitenzorg.* 3me suppl.: 29.
- , Die Eisenbakterien. G. Fischer, Jena 1910.
- 1910. Über die Fällung des Eisens durch das Licht u. grüne Wasserpflanzen. *S. B. Acad. Wiss. Wien, Kl. I*, 119: 959.
- 1925. Die Eisenorganismen in Japan. *Sci. Rep. Tohoku I. Univ.* 4 *Ser. Biol.* 1: 135.
- MUMFORD, E. M., 1913. A new Iron-bacterium. *J. chem. Soc.* 103.
- NADSON, G. Die Mikroorganismen als geologische Faktoren I. (Russ. m. dtsh. Inhaltsübers. u. Tafelerkl.) Petersburg 1903.

- NAUMANN, E., 1921. Untersuchungen über die Eisenorganismen Schwedens I. *Kgl. Sv. Vetenskapskad. Handl.* 62.
- 1921. Notizen zur Biologie der Süßwasseralgen. *Ark. Bot.* 16.
- 1921. Notizen zur Systematik der Süßwasseralgen. *Ark. Bot.* 16.
- 1922. Über die See-erzbildungen der Spree in der Nähe v. Berlin. *Arch. Hydrobiol.* 13.
- 1924. Notizen zur Biologie der Süßwasseralgen. *Ark. Bot.* 18.
- 1925. Notizen zur Biologie der Süßwasseralgen. *Ark. Bot.* 19.
- 1928. *Ber. deutsch. bot. Ges.* 46: 135—140.
- 1929. *Ber. deutsch. bot. Ges.* 47: 262—265.
- 1929. Die Eisenspeichernden Bakterien. Kritische Übersicht der bisher bekannten Formen. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 78.
- 1930. Die Eisenorganismen. Grundlinien der limnologischen Fragestellung. *Int. Rev. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr.* 22.
- NAUMANN, E. u. G. SJÖSTEDT, 1921. Untersuchungen aus den Oeresund X. Eine Lagynion-Syderocapsaartige Struktur im marinen Aufwuchs v. Oeresund. *Lunds Univ. Arsskr. N. F. avd. II*, 19.
- OLSZEWSKI, W. Chemische Technologie des Wassers. Sammlung Göschel nr. 909, 1925.
- CLTMANN, F. Morphologie u. Biologie der Algen, Bd. I, 2e Aufl. 1922-23.
- PAKH, E., 1926. Die Eisenbakterien Ungarns. *Folia Cryptogamica, Szeged* 1: 201.
- 1926. *Leptothrix trichogenes* Cholodny Erdélyben. (Über das Vorkommen von *Leptothrix trichogenes* in Siebenbürgen.) *Magyar Botanikai Lapok (Ung. bot. Blätter)* 25: 269.
- 1928. Über das Vorkommen von *Leptothrix trichogenes* bei Csikrakos u. Szeged. *Folia Cryptogamica, Szeged* 1.
- PEKLO, J., 1928. Über eine manganspeichernde Meeresdiatomee. *Öst. bot. Z.*
- PERFIL'EV, B. V. Zur Mikroflora des Sapropels. Ber. Sapropel Komm. Lief. I, Petrograd 1921.
- 1925. Die Rolle der Mikroben in der Erzbildung. *Verh. Int. Ver. theor. angew. Limnologie, Stuttgart* 1927.
- PERUSEK, M., 1919. Über Manganspeicherung in den Membranen von Wasserpflanzen. *S. B. Acad. Wiss. Wien, Mat.-nat. Kl. Abt. I*.

- PRINGSHEIM, N., 1888. Über die Entstehung der Kalkinkrustation an Süsswasserpflanzen. *Jb. wiss. Bot.* 19: 138.
- RABENHORST, L. Kryptogamenflora v. Schlesien.
- 1854 in: *Hedwigia*.
- RAUMER, E., 1903, Über das Auftreten v. Eisen u. Mangan in Wasserleitungswasser. *Z. analyt. Chem.*
- REDINGER, K., 1931. *Siderocapsa coronata* (Redinger), eine neue Eisenbakterie aus dem Lunzer Obersee. *Arch. Hydrobiol.* 22, Hft. 3.
- RÖSSLER, O., 1895. Über Kultivierung von *Crenothrix polyspora* aus festem Nährboden. *Arch. Pharm., Berl.* 233.
- 1906. Der Nachweis von *Crenothrix polyspora* im Trinkwasser. *Dtsch. med. Wschr. nr.* 40.
- ROZE, E., 1896, Le *Clonothrix*, un nouveau type générique des Cyanophycées. *J. de Bot.* 10: 325.
- RULLMANN, W. Die Eisenbakterien in: Lafar's techn. Mykologie. Bd. III.
- 1912, Über Eisenbakterien. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 33.
- SAVAGEAU et RABAI, 1892. Sur les genres *Cladothrix*, *Actinomyces* et description de deux *Streptothrix* nouveaux. *C. R. Acad. Sci., Paris* 114.
- SCHNEIDER, R. Über siderophile Tierformen. S. B. Ges. naturf. Freunde Berl. (1922) 1924.
- SCHORLER, B., 1904, Beiträge zur Kenntnis der Eisenbakterien. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 12: 681.
- 1906. Die Rostbildung in den Wasserleitungsröhren. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 15: 564.
- SCHORR, L., 1939. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 100: 164—154.
- SCHWERS, H. I., 1912. *Megaethrix discophora*, eine neue Eisenbakterie. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 33: 273.
- SJÖSTEDT, G., 1921. Om järnutfällning hos havsalger vid Skanes (schwed. m. kurtzer dtsch. Zusammenf.) *Bot. Notiser Lund*: 101.
- SOEHNGEN, N. L., 1914. Umwandlung von Manganverbindungen unter dem Einfluss mikrobiologischer Prozesse. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 40: 545.
- SORLEY, H. C., 1856—57. *Proc. Geol. Polytechn. Soc., West-Riding, Yorks.*
- STARKEY, R. L., 1925. Concerning the Physiology of *Thiobacillus Thiooxidans* in autotrophic Bacterium Oxidizing sulphur under Acid conditions. *J. Bact.*

- STARKEY, R. L., 1939. Study of spore formation and other morphological characteristics of vibrio desulfuricans. *Arch. Mikrobiol.*
- 1945. Transformations of Iron by Bacteria in Water. *J. Amer. Water works Ass.*, no. 10.
- STARKEY-WIGHT, 1943. Soil areas corrosive to metallic iron through activity of anacrobic sulfatereducing bacteria. *Amer. Gas Ass. Mthly.*
- 1945. Anacrobic corrosion of iron in soil. *Amer. Gas Ass. Mthly.*
- STARKEY, R. L. and H. O. HALVORSON. 1927. *Soil Sci.* 24: 381—402.
- STEINECKE, Fr., 1923. Limomibildende Algen der Heide-Flachmoore. *Bot. Arch.* 4: 408.
- SUESSENGUTH, K., 1927. Zur Kenntniss der Eisen-bakterien der Gallionella-Gruppe. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 69: 327.
- THIEL, G. A., 1925. Manganese precipitated by microorganisms. *Econ. Geol.* 20: 301.
- ULEHLA, V. L., 1923. Über CO-und p-Regulation des Wassers durch einige Süßwasseralgen. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 41: 20.
- USPENSKI, E. Eisen als Faktor für die Verbreitung niederer Wasserpflanzen. *Pflanzenforschung*, hrsg. v. R. Kolkwitz, H. 9. G. Fischer, Jena 1927.
- VOUK, V., 1920. O Zeljeznim cijanoficajama (Kroatisch) *Jugosl. Akad. znan. i. umjet u. Zagrebu.* 223.
- WERNADSKY, W. Über die Erforschung des lebenden Stoffes vom geochemischen Standpunkt aus. *S. B. Russ. Akad. Wiss.* II. Mai 1921.
- , *La Géochimie.* Paris 1924.
- WILLE, N. - 1887. Algologische Mitteilungen. *Jb. wiss. Bot.* 18: 459.
- WILSON, A., 1945. Crenothrix: Alive, Dead and Entombed. *W. W. & Serv.* 92.
- WINOGRADSKY, S., 1887. Über Schwefelbakterien. *Bot. Ztg.*
- 1888. Über Eisenbakterien. *Bot. Zgt.*
- 1922. Eisenbakterien als Anorgoxydanten. *Zbl. Bakt. (2 Abt.)* 57: 1.
- V. WOLZOGEN KUHR, E. and A. VAN DER VLUGT, 1934. The Graphitization of Cast Iron as an electro-biochemical process in anacrobic soils. *Water* 8.
- ZOPF, W. Untersuchungen über Crenothrix polyspora. Berlin 1879.
- , *Zur Morphologie der Spaltpflanzen.* Leipzig 1882.
- , *Die Spaltpilze.* III. Auflage. 1884.

Associations Infusoriennes à *Beggiatoa*

par

E. FAURÉ-FREMIET.

Collège de France, Paris.

INTRODUCTION

Une étude très suggestive de L. E. R. PICKEN (1937) met en évidence les particularités structurales de quelques associations de Protozoaires développées sur un substrat végétal constitué soit par un feutrage de Cyanophycées (Blue-green association), soit par un feutrage mycelien et bactérien (Fungus association). Les revêtements de Leucothiobactériales permettent le développement d'associations de Protozoaires qui se rattachent au second type de PICKEN, tout en montrant des caractéristiques particulièrement intéressantes.¹⁾

On observe fréquemment, dans les eaux courantes polluées, le développement à la surface de la vase noire ou d'un fond de feuilles mortes, de taches blanches veloutées formées par un recouvrement de *Beggiatoa*, au niveau duquel les Ciliés sont extrêmement nombreux. Une telle association observée dans la nature en un point donné, ne montre qu'une existence temporaire, dont la durée est tout au plus de l'ordre de deux à trois semaines. Les examens poursuivis au laboratoire, *in vitro*, permettent de saisir les stades successifs de l'évolution de microbiocénoses définies par l'association d'un nombre relativement restreint d'espèces, et caractérisées par les relations d'interdépendance qui règlent soit leurs possibilités de coexistence, soit leur ordre de succession.

A cet égard, on devra considérer le modelage du substrat bactérien, puis son peuplement par les Ciliés, enfin les différents modes de son exploitation directe et indirecte.

MODELAGE du SUBSTRAT

La décomposition bactérienne anaérobie de substances organiques, dont le soufre est libéré sous forme de H_2S , est nécessaire

¹⁾ Voir à ce sujet E. FAURÉ-FREMIET, 1950.

au développement des Leucothiobactériales aérobies; celles-ci oxydent l'hydrogène sulfuré, accumulent du soufre dans leur cytoplasma, et produisent de l'acide sulfurique, aussitôt combiné sous forme de sulfates.

Du fait de leur métabolisme aérobie, les Leucothiobactériales se développent à l'interface du milieu semi-solide putride (vase ou feuilles mortes) dont elles utilisent la production de H_2S , et de l'eau circulante dont elles captent l'oxygène. Mais la manière dont s'effectue cette localisation est commandée par diverses particularités de comportement.

Les *Beggiatoa* sont des Leucothiobactéries filamenteuses, longues, minces et souples, douées d'une faible mobilité et d'un évident thigmotactisme. Une vive agitation mécanique suffit à disperser le tapis bactérien et la couche de vase sur laquelle il repose; laissant déposer la suspension ainsi obtenue, on constate après quelques minutes, la formation d'une nouvelle couche de vase noire à la surface de laquelle se dessine progressivement un réseau blanchâtre dont les noeuds s'élargissent et s'épaississent; il suffit de trente minutes à quelques heures pour observer une contraction périphérique du réseau initial, qui se concentre en une ou plusieurs nappes de plus en plus denses, légèrement mamelonnées, reconstituant bientôt, à la surface du sédiment, un nouveau tapis blanc et velouté.

L'examen microscopique de ce phénomène dans une zone limitée montre que les filaments de *Beggiatoa* adhèrent les uns aux autres au hasard de leurs rencontres, et glissent les uns sur les autres; mais comme leur propre mobilité les incline et les recourbe dans toutes les directions, cette sorte de thigmotactisme se traduit par un effet de feutrage accompagné de contraction. L'existence du substrat vaseux introduit dans le modelage de ce réseau organique une condition de dissymétrie, parce que, dans la région profonde, les filaments de *Beggiatoa* s'intriquent avec les particules du sédiment, tandis que dans la région supérieure, ils s'étendent plus librement en boucles ou en houppes ondulant en plein milieu liquide.

La stabilité finale de ce réseau bactérien n'est pas liée à la réalisation d'une structure définitive, mais bien à celle d'un équilibre entre les facteurs de dispersion et de concentration, c'est-à-dire entre la mobilité propre des filaments, et leur tendance thigmotactique à l'agglutination et au feutrage.

L'effet de feutrage n'est pas particulier aux rassemblements de *Beggiatoa*; on le retrouve sous un aspect exactement comparable avec les trichomes de Cyanophycées ¹⁾; il ne représente, par ailleurs,

¹⁾ Les enregistrements microcinématographiques de ce phénomène ont été réalisés par J. DRAGESCO.

que l'un des cas possibles d'un mécanisme très général d'agrégation fondé sur les affinités superficielles qui s'exercent entre organismes ou cellules thigmotactiques, et conduisent par exemple, à la formation et au modelage de pseudotissus, comme à la reconstitution d'organismes complexes: Eponges ou Hydroïdes, par exemple. (FAURÉ-FREMIET, 1932).

PEUPLEMENT du RÉSEAU de *BEGGIATOA*

Si l'on ajoute un indicateur tel que le rouge de phénol à l'eau dans laquelle se concentrent des feutrages de *Beggiatoa*, ceux-ci se distinguent bientôt du milieu liquide environnant par une teinte franchement jaune indiquant un pH légèrement inférieur à 6.8. Il apparaît ainsi que le réseau formé par ces Leucothiobactériales immobilise l'eau interstitielle, de sorte que la diffusion de certains produits du métabolisme peut être assez lente pour que le feutrage bactérien se caractérise comme un lieu légèrement acide.

Les premiers Ciliés que l'on trouve associés en grand nombre au feutrage des *Beggiatoa* appartiennent à deux espèces microphages communes et largement répandues dans les eaux douces: *Colpidium compylum* Stokes et *Colpidium colpoda* Ehrb.; leur rassemblement est d'abord le fait d'un chimiotactisme provoqué par la légère acidité de ce milieu végétal. Mais les Ciliés pénètrent bientôt dans la profondeur du feutrage, jusqu'au niveau du fond de vase, et trouvent une nourriture abondante dans les petites Bactéries diverses qui se multiplient entre les filaments de *Beggiatoa*. Dès lors, les deux espèces de *Colpidium* commencent à se multiplier, en même temps qu'elles amorcent une chaîne de nourriture, et l'on peut considérer l'ensemble comme une biocenose.

D'autres Ciliés microphages, tels que des Paramécies, peuvent également se joindre aux *Colpidium* et enrichir ainsi l'association; mais, généralement, les deux premières espèces se multiplient si vite que la densité de leurs populations apporte un obstacle à l'introduction de nouveaux arrivants.

Il semble que ce premier état de l'association, de la microbiocenose, soit relativement stable, et puisse durer assez longtemps. Mais on remarquera que la double population colpidienne, localisée dans ce milieu favorable où elle se multiplie, n'est pas immobilisée. Son aspect, sa densité, considérés à un moment quelconque, ne représentent qu'un équilibre statistique entre le nombre des entrées et des sorties d'individus essentiellement mobiles dont chacun séjourne un temps plus ou moins long dans la trame bactérienne où se trouve concentrée leur nourriture. Il en résulte l'existence et la persistance,

au voisinage immédiat du revêtement de *Beggiatoa*, d'une atmosphère diffuse constituée par une population fluctuante de Ciliés temporairement libres.

On notera encore que les deux espèces de *Colpidium* ne semblent ni se gêner l'une l'autre, ni lutter l'une contre l'autre dans quelque compétition d'ordre alimentaire, et que leur présence ne semble pas nuire aux *Beggiatoa* qui les abritent. Bien au contraire, les mouvements continuels de ces Infusoires assurent le renouvellement de l'eau dans toute la masse du feutrage bactérien et contribuent, en quelque sorte, à maintenir celui-ci dans sa forme caractéristique et dans ses conditions d'activité biochimique.

TRANSFORMATION de l'ASSOCIATION

L'apparition de quelques nouveaux arrivants appartenant à la catégorie des prédateurs carnassiers, peut modifier profondément l'état apparemment stable de l'association. Ce sont soit des Gymnostomes tels que *Enchelys mutans* Mermod ou *Lionotus lamella* Ehrb., soit des Hyménostomes tel que *Leucophrys patula* Ehrb. Ces trois espèces, bien que largement répandues, ne se rencontrent ordinairement qu'à l'état d'individus rares et très dispersés; c'est que leur multiplication exige une nourriture très abondante, faute de quoi ces Infusoires persistent sous forme de très petits individus à natation rapide, comparables aux „thérontes" ophryogléniens (E. FAURÉ-FREMIET, 1944 et 1948). Les uns et les autres se nourrissent de Ciliés tels que *Glaucoma piriformis* et surtout *Colpidium campylum*, dont la taille est presque égale à la leur.

Sachant que l'*Enchelys mutans* et le *Leucophrys patula* se divisent quatre à six fois en 24 heures lorsqu'ils sont suffisamment nourris, on comprend qu'un seul individu de l'une ou l'autre de ces espèces arrivant dans une zone riche en *Colpidium* suffise à faire souche d'une nombreuse population; mais le développement de celle-ci est assez rapide pour amener la destruction presque totale de la population primitive de *Colpidium campylum* dont ces prédateurs se nourrissent de préférence.

En ce qui concerne le sort des associations à *Beggiatoa*, les trois espèces précitées sont équivalentes et interchangeable. Cela signifie que la présence de l'une ou de l'autre suffit, en prolongeant la chaîne de nourriture amorcée par les Ciliés microphages qu'elle exploite à son tour, à modifier profondément l'équilibre de la microbiocénose. Cependant, si deux de ces prédateurs interviennent simultanément,

les relations d'interdépendance peuvent apparaître plus compliquées.

Les expériences réalisées par J. DUCORNET montrent, par exemple, que *Lionotus lamella* peut attaquer et ingérer *Leucophrys patula*, et que ce dernier peut, de même, engloutir de petits *Lionotus*; mais dans ce dernier cas, la proie continue de se mouvoir dans la grande vacuole qui l'emprisonne, et, avant de subir l'action des ferments digestifs, elle attaque son prédateur par le dedans et se libère en le dévorant. La compétition engagée entre ces deux Infusoires carnassiers est ainsi fatale au *Leucophrys*.

La destruction massive du *Colpidium campylum* limite automatiquement le développement du prédateur qui, maintenant, occupe sa place dans l'association sans pouvoir jouer le même rôle, puisqu'il est incapable de se nourrir de Bactéries. Le *Colpidium colpoda*, trop gros pour servir de proie aux petits carnassiers, paraît être atteint par le déséquilibre de l'association; les enregistrements microcinématographiques réalisés par J. DRAGESCO montrent d'ailleurs que *Lionotus lamella*, lorsqu'il est à jeun, peut s'attaquer au *C. colpoda* et le tuer par la décharge de ses trichocystes.

La dispersion des prédateurs désormais affamés pourrait sans doute permettre un nouveau développement colpidien, mais la persistance de quelques carnassiers rendrait la situation précaire; en fait, dans les conditions naturelles, le déséquilibre de l'association paraît le plus souvent irréversible.

DESTRUCTION du SUBSTRAT de l'ASSOCIATION

La diminution considérable de la densité des populations infusoires consécutive à l'intervention des prédateurs, favorise la pénétration, dans le réseau des *Beggiatoa*, de quelques nouveaux arrivants. Il s'agit cette fois d'espèces végétivores thigmotactiques, aux mouvements relativement lents, telles que *Chilodonella cucullulus* O. F. Müll., et *Glaucoma myriophylli* Penard.

Chilodonella cucullulus est un Gymnostome hypostomien dont l'alimentation est beaucoup moins strictement définie que celle d'autres formes apparentées. Cette espèce se nourrit, en effet, soit de petites Cyanophycées, soit de Leucothiobactéries filamenteuses; J. DRAGESCO a cinématographié l'ingestion de ces proies végétales, et leur glissement dans la nasse pharyngienne.

Glaucoma myriophylli est un Hyménostome tétrahyménien qui, tout au contraire, se nourrit exclusivement de *Beggiatoa*, et l'accumulation des particules réfringentes de soufre dans les vacuoles digesti-

ves communique à cet Infusoire un aspect noirâtre très caractéristique¹⁾).

Ces deux espèces végétivores s'attaquent dès lors au feutrage organique qui forme le substrat de l'association; leur multiplication rapide s'accompagne d'une destruction non moins rapide des *Beggiatoa*, et provoque ainsi la fin de la biocenose étudiée. Mais le *Chilodonella* comme le *Glaucoma* restent sur place tant qu'ils trouvent encore à se nourrir, et accumulent leurs abondantes déjections qui forment une masse résiduelle visqueuse et réticulée envahie par des Bactéries diverses.

Les derniers bénéficiaires de l'association primitive sont des détritivores tels que *Coleps hirtus* Nitzsch, et de grands microphages tels que *Paramecium caudatum*, *P. multimicronucleatum* etc., qui trouvent encore à se nourrir parmi les résidus distribués maintenant au hasard et ne montrant plus trace d'une organisation bioceontique.

CONCLUSIONS

Les microbiocenoses de Protistes où les *Beggiatoa* constituent le substrat structuré, peuvent être plus compliquées que ne le laisse prévoir la description précédente. Il n'est point rare que des Cyanophycées et des Euglènes viennent s'adjoindre aux constituants végétaux autotrophes; parmi les Ciliés microphages, le jeu des équivalences peut faire intervenir d'autres espèces, du genre *Loxocephalus* Eberh. par exemple; parmi les prédateurs, citons de même le *Monodinium vorax* F. F.

Il n'en reste pas moins que la composition spécifique de ce type de microbiocenose paraît plus étroitement définie que celle de la „blue-green” et surtout de la „fungus association”. Comme pour ces dernières cependant, elle justifie cette conclusion de PICKEN, que „l'assemblage des Protozoaires . . . n'est pas une collection d'individus dépendant directement, pour la majeure partie, d'une source de nourriture déterminée, mais une communauté différenciée d'herbi-

¹⁾ E. PENARD (1922) a donné une excellente description de ce Cilié qui, probablement, a été observé déjà par différents auteurs; il attribue la teinte noire des vacuoles digestives à une nourriture particulière indéterminée; KAHL (1935) constate qu'elles renferment des résidus de *Beggiatoa*. E. PENARD a trouvé cette espèce parmi des Myriophylles, d'où la dénomination spécifique; celle-ci n'est pas heureuse, car cette localisation n'est aucunement caractéristique, alors que la nutrition aux dépens de *Beggiatoa* semble tout à fait caractéristique. Il m'a toujours été impossible, en effet, de cultiver le *Glaucoma* dont il est ici question, en l'absence de Leucothiobactériales, qui, seules, permettent sa croissance et sa multiplication.

vores et de carnivores formant avec l'approvisionnement de base, une unité sociale fermée".

Cette „unité sociale" est une biocénose que l'on peut caractériser à la fois par un type de structure, c'est-à-dire par une certaine répartition spatiale des organismes divers qui la constituent, et qui jouent dans l'ensemble des rôles différents; et par une évolution, c'est-à-dire par une variation progressive du type de structure, conduisant, après une période d'état apparemment stable, à sa désorganisation.

BIBLIOGRAPHIE

- FAURÉ-FREMIET, 1932 - Morphogenèse expérimentale (reconstitution) chez *Ficulina ficus* - *Arch. Anat. microsc.*, 28, 1—80.
- 1944 - Polymorphisme de l'*Enchelys mutans*. *Bull. Soc. zool. France*, 69, 212-219.
- 1945. - Polymorphisme du *Monodinium vorax* sp. n. *Bull. So. zool. France*, 70, 69-79.
- 1948. - Doublets homopolaires et régulation morphogénétique chez la Cilié *Leucophrys patula*. *Arch. Anat. microsc.*, 37, 183-203.
- 1950. - Ecologie des Protistes littoraux. „Ecologie des groupement animaux et mixtes" Colloque international d'Ecologie. Paris. février 1950.
- KAHL, A. - Wimpertiere oder Ciliata. in: Die Tierwelt Deutschlands. G. Fischer edit., Jena, 1935.
- PENARD, E. - Etudes sur les Infusoires d'eau douce. 1 vol. 331 p. Georg édit. Genève, 1932.
- PICKEN, L. E. R., 1937. - The structure of some protozoan communities *J. Ecol.* 25, 368.

Notes on Some Large Danish Springs

by KAJ BERG

(Freshwater-Biological Laboratory, University of Copenhagen)

(with 3 figures)

INTRODUCTION

In the northern part of Jutland there are some large springs containing a fauna which, both qualitatively and quantitatively, is very rich. Together with some other watercourses in the vicinity they have been thoroughly investigated by ANKER NIELSEN (1942, p. 255; 1943, p. 1; 1948, p. 1) who has pointed out two reasons for the richness of the fauna: partly a very great constancy in the flow of the springs in question, and partly a high content of nutrient salts in the groundwater and consequently in the watercourses (1941, p. 47; 1950).

As these springs are so interesting in a limnological respect and as they are the largest in Denmark, some brief remarks will be made on the size and the constancy of the flow of some of them and on their current rates.

The part of Jutland where the springs are found, Himmerland (Cimbria), is an undulating chalk plateau covered with a thin layer of sandy and gravelly moraine. The highest hills rise about 110-120 m above sea level. The landscape is intersected by deep river valleys, of which the Lindenborg-Simested valley is the largest. To the north it is bounded by the Limfjord and to the east by the Kattegat. It is mainly a barren territory partly covered by moors and planted spruce forests. The precipitation quickly sinks down through the coarse-grained moraine and farther down to the chalk in the underground. The chalk, Senon and Danien, is full of crevices which absorb the precipitation and form a great groundwater reservoir. It is to a great extent from this that the watercourses in the vicinity rise, and in certain places in the sides of the valley the ground-

water flows out in large springs, which have an almost constant temperature, about $7\frac{1}{2}^{\circ}$ Celcius throughout the year.

Some of the most important springs are found in the valley of Lindenberg Aa. By the upper part of the river on the right bank there are Dybdal Kilde and Rold Kilde and many helocrenes where the river takes its course through Rold Forest. This beautiful, winding watercourse is fortunately protected. By the village of Gravlev and near Buderupholm some springs have been utilized as trout ponds and their natural state has been ruined. Farther down the river there is a great limnocrène, Blaahøl. The three first mentioned springs in table 1, *Kovadsbæk*, *Ravnkilde* and *Little Blaakilde* fall into the river Lindenberg Aa, whereas *Great Blaakilde* is the source of the river Villestrup Aa, which empties into Mariagerfiord, an inlet of the Kattegat.

The measurements of the flow in the springs were made by Det Danske Hedeselskab at my request, for which I have pleasure in expressing my grateful thanks. The measurements were made with a propeller instrument of a construction similar to that of the Ott-propeller; as a rule an accuracy of 5 % can be reckoned with in water-gauging in natural watercourses (TECHT-HANSEN, 1923, p. 5).

Kovadbæk's fountainhead on the western side of the National Park Rebild Bakker must more probably be called a helocrène. The measurement of the flow was carried out about 150 m below the road through the National Park (fig. 1). Ravnkilde is also a helocrène, situated a little to the north of Rebild Bakker. The spring rises from a slightly sloping area which is swampy along part of the edge and partly surrounded by steep hillsides overgrown with deciduous trees. The waters of the spring gather in an outflow, a so-called spring-brook, and the water gauging was carried out in this 18 m below the point where it crosses a road *). Little Blaakilde is a rheocrène, rising from a hillside and it falls into Lindenberg river about 1 km from Buderupholm through a spring-brook about 70 m long. The measurement of the spring was carried out about 40 m (last time about 30 m) above the outfall into Lindenberg river.

Great Blaakilde (fig. 2) is a typical limnocrène with an almost circular basin, 3.8 m deep and with a diameter of 12.5 m (TRAP 1924, p. 706). The water gauging was carried out about 100 m below the rise where the stream is about 3.5 m broad. In addition two measurements were made on the 11.VII.43 and on the 5.VII.47 without a propeller instrument but with floats, but these cannot be considered very accurate.

*) The outflow of a spring may be called a spring-brook or a spring-stream where its temperature is mainly the same as in the spring itself.

THE FLOW OF THE SPRINGS

Table I shows that the flow of the springs is great, between 55 and 146 litres per second. The measurements of the flow carried out in the spring in 1946 and 1950 are in good agreement for the three first mentioned springs. The measurements made in the summer in the same three springs, on the 31st of August 1946, showed a comparatively large flow. On the whole the precipitation that summer was abundant and the measurements were made during heavy thunder-showers; the water in Kovadsbæk was distinctly coloured with chalk-mud, indicating that part of the flow was due to a purely superficial run-off. Thus the figures of the measurement in the summer of 1946 cannot be considered normal summer minima. On the other hand, the measurement carried out on the 22nd August, 1947, may probably be considered a minimum as the preceeding 8 months of 1947 had a very poor precipitation.

Table 1. The flow of some Jutlandic springs

Name of the spring	Spring flow		Summer flow		Ratio of spring max. to summer min.
	Date	l/sec.	Date	l/sec.	
Kovadsbæk	14.IV.1946	104	31.VIII.1946	110	1.1 I
	14.III.1950	100	22.VIII.1947	95	
Ravnkilde	14.IV.1946	58	31.VIII.1946	88	1.07 I
	14.III.1950	55	22.VIII.1947	54	
Little Blaakilde	14.IV.1946	146	31.VIII.1946	120	1.4 I
	14.III.1950	120	22.VIII.1947	105	
Great Blaakilde	14.III.1950	95	11.VII.1943	ca. 75	(about 1.3/I)
			5.VII.1947	ca. 90	

As a curiosity it may be added that Great Blaakilde has a smaller flow than Little Blaakilde. That the former appears more impressive than the latter is probably due to the fact that it rises from the light-blue bottom of a pond which has an outlet about 3 m broad. Since Little Blaakilde, as already mentioned, is a rheocene it has no pond at its rise; maybe its name should rather be given to a little pond-spring in the vicinity.

In table 1 the righthand column also shows the ratio between the spring maximum and the summer minimum of the flow. It will be seen that the spring flow is only slightly greater than the summer minimum of the flow, at most about 1.4 times as great. The figures



Fig. 1.

The spring-brook Kovadsbæk in winter. In the background the hills of Rebild National Park. (Photo K. Gemzoe).



Fig. 2.

The spring Great Blaakilde, Himmerland. It is a limnocrène, its nearly round bassin is shown at the left and the broad spring-brook, Villestrup Aa, at the right.

stated for Great Blaakilde, about 1.3, must be accepted with some reservation on account of the previously mentioned method of measurement with floats.

The almost constant flow in the springs in question is plainly illustrated by a comparison with the corresponding figures for some Danish rivers (BERG 1943, p. 112). Some of the most constant rivers, Lindenberg river and Funder river, show the ratios 6/1 and 5/1, respectively, between the maximum and minimum flow. The longest Danish river, the Gudenaa, has the ratio 51/1. The largest river in Sealand, the Susaa, shows the ratio 44/1.

The constant flow of the springs is of great biological importance: The fauna is not damaged by the influence of low summer minima; this is of special importance for the hygropetric fauna whose surroundings thus are not — or only slightly — changed. Neither is the fauna of the spring influenced by great maxima at the time of sudden thaws, as is generally the case with the fauna in rivers.

CURRENT RATES FROM THE SPRING-BROOKS

In fig. 3 the measurement of *the current-rate* and the flow are graphically recorded. In row I the current-rate is shown in certain places a, b, c, and d in a transverse section of the outflowing stream. It will be seen that in Kovadsbæk current-rates up to 45 cm/sec. have been measured, i. e. a medium current-rate, but farther up the course ANKER NIELSEN (1942, p. 332) has measured a far higher current-rate (120-130 cm sec.); in the uppermost part of the course, however, he found a slower current (35-45 cm/sec.).

Fig. 3 shows that in Ravnskilde's spring-brook a current rate of 1 m/sec. has been measured, i.e. a very high current rate. Part of the basin where the spring rises has a gravelly bottom with larger and smaller stones, irrigated by a layer of water a few cm deep with a current-rate of 30 cm sec., while another part of the basin is overgrown with mosses in which there are small pools with slow-flowing water (10-20 cm/sec.) (ANKER NIELSEN l. c.).

In the spring-brook from Little Blaakilde about 40 cm deep current-rates of about 40 cm/sec. have been measured, according to fig. 3, i.e. a medium rate. Similar figures have been found here by ANKER NIELSEN (l.c.), who moreover has measured a current-rate of about 50-75 cm/sec., at the very source of the rheocrene.

In the spring-brook from Great Blaakilde current-rates of only 8-13 cm/sec. have been measured.

On current-rates compare BERG 1943, p. 54.

In the graphical figs. marked II in fig. 3, the area of the cross section of the springs at the point of measurement is indicated below

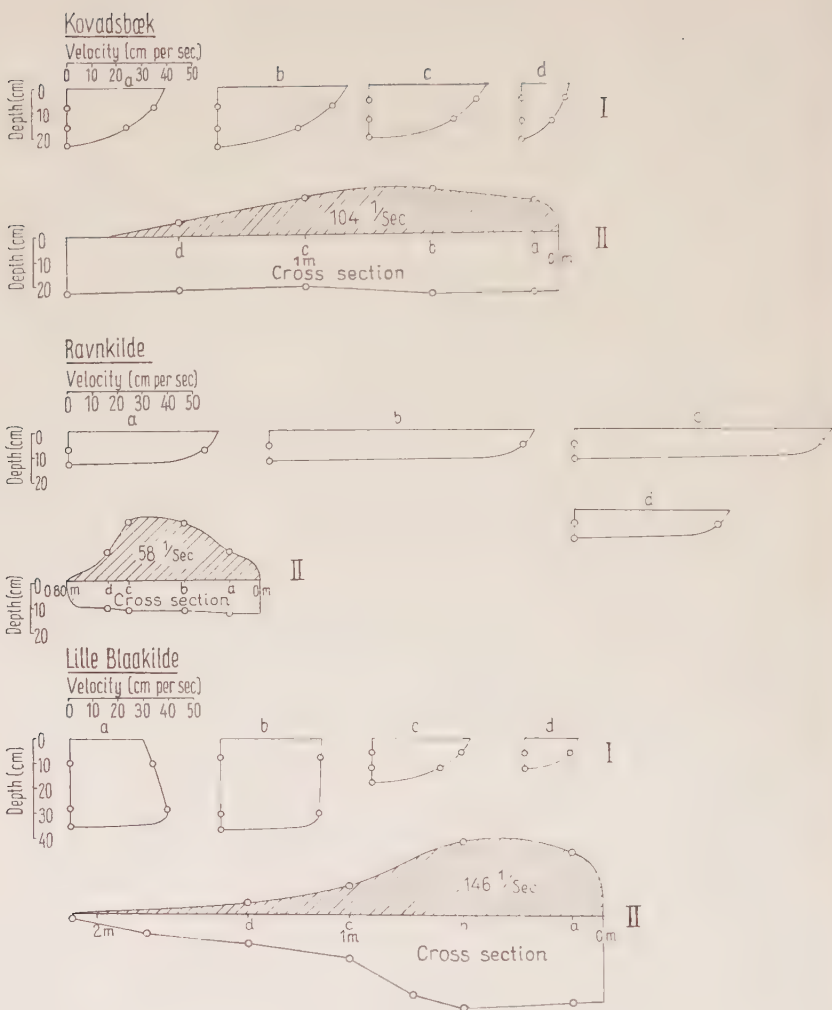


Fig. 3.

Diagrams showing the current rate (I) in cm/sec in various verticals — a, b, c, d — in cross-sections of the springs Kovadsbæk, Ravnkilde and Little Blaakilde. The rates measured are indicated by the distance between the small circles.

For each spring a cross-section and an illustration of the flow (II) are also depicted. The cross-section is indicated below the horizontal line, on which the point a, b, c, d show the place where the current rates have been measured. Above the horizontal line the hatched area shows the flow.

the horizontal line, and above this line the flow per sec. on the basis of current measurements indicated under I. The cross sections show that the streams in the places chosen for water gauging have a comparatively considerable depth. Water gauging could only be carried out under such circumstances. Nearer the source the spring-brooks are not so deep; as to depth and current rates they therefore offer varying conditions for the fauna.

COMPARATIVE REMARKS

For comparison with the flow found for the Danish springs some figures for large springs in other countries are added. The flow has been converted into l/sec. if stated in other way.

Sweden: Springs between Sånatorp and Spätterud, Värmland: 26 l/sec. Krystallkällan, Brattforsheden, Karlstad: about 60 l/sec. (The geological Survey of Sweden, Aa No. 144). Porla old spring: 6 l/sec. (WETTERGREN 1883, p. 41).

Germany: Rottenburg, Schwarzwald, Württemberg: 580 l/sec. (Keilhack 1917, p. 331). The numerous large springs at Paderborn, sources of the river Pader, Westfalen, in the rainy season show a total yield of 8,760 l/sec. (STILLE 1903, p. 54).

Austria: Examples from some of the large bathing springs: „Marienquelle” Baden, Wien, 46 l/sec.; „Johannesbadquelle” Baden, Wien, 8 l/sec.; Fischau, Wiener Neustadt, 699 l/sec. (Österreichisches Bäderbuch 1928, pp. 120, 118, 138.)

France: Source de Vaucluse, Southern France, with the exceptionally large discharge area has a maximum of 123,000 l/sec. (IMBEAUX 1928) and averages 17,000 l/sec. (KEILHACK 1917, p. 343). Source du Loiret, near Orleans, min. 700 l/sec. Source du Cerilly, one of the sources of the river la Vanne, département l'Yonne, maximum 308 l/sec., min. 64 l/sec. (IMBEAUX 1928).

England: R. C. S. WALTERS (1936, p. 47) states that there are many springs in Great Britain, which have minimum flows of 53 l/sec., average flows of 105-158 l/sec. and maximum flows of 473-526 l/sec.

U.S.A.: In his paper “Large springs of the United States”, O. E. MEINZER suggests (1927, p. 3) that large springs are divided according to size, the first group comprising the largest springs with a flow of 2,840 l/sec. or more, the second group with 284-2,840 l/sec. and the third group with 28-284 l/sec. He points out that according to the incomplete data summarized in his paper there are 65 springs in the United States that have an average flow as springs of the first group, hundreds that yield as the springs of the second group, and there are doubtless thousands of springs that yield as the springs of the third group.

REFERENCES

- BERG, KAJ, 1943. Physiographical Studies on the River Susaa. *Folia Limnologica Scandinavia*, 1.
- IMBEAUX, J., 1928. *Traité d'hydrogéologie*. Paris.
- KEILHACK, KONRAD, 1917. *Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde*. Berlin.
- MAGNUSSON, N. H. og G. ASSERSSON, 1929. Nyed. *Sveriges geol. undersøgelse*, Aa 144.
- MEINZER, O. C., 1927. Large springs in the United States. *U. S. Geol. Survey. Water Supply Paper* 557.
- NIELSEN, ANKER, 1941. Om aarsagerne til den rheophile faunas rigdom i Himmerland. *Naturhist. Tid.*, 5, 47.
- , 1942. Über die Entwicklung und Biologie der Trichopteren. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 17, 255.
- , 1943. Postembryonale Entwicklung und Biologie der rheophilen Köcherfliege *Oligoplectrum maculatum* Fourcroy. *Det kgl. Danske Videnskabernes Selskab, Biol. Medd.* 19 nr. 2, 1.
- , 1948. Postembryonic Development and Biology of the Hydroptilidae. *Det. kgl. Danske Videnskabernes Selskab, Biol. Skr.* 5, nr. 1, 1.
- , 1950. On the Zoogeography of Springs. *Hydrobiologia*, 2.
- STILLE, HANS, 1903. Geologisch-hydrologische Verhältnisse im Ursprungsgebiete der Paderquellen zu Paderborn.
- TRAP, I. P., 1924. *Kongeriget Danmark* 5, 706.
- TECHT-HANSEN, F., 1923. Om hydrometriske undersøgelser i Danmark. Beretning fra Det danske Hedeselskab, 5.
- WALTERS, R. C. S., 1936. *The Nations Water Supply*. London.
- WETTERGREN, C., 1883. *Iakttagelser rörande Porla Brunn*. Stockholm.
- Österreichisches Bäderbuch, 1928. Volksgesundheitsamt im Bundesministerium für soziale Verwaltung. Wien.

On the Occurrence of *Physolinum* *Monile* (De Wildeman) Printz in England

by

A. S. KHAN M. Sc.

(Ranchi College, Bihar, India)

(With two figures in the text)

Trentepohlia monile De Wildeman (1897, p. 67; 1900, p. 69), which is not uncommon in the Tropics, was referred by PRINTZ (1921, p. 23) to a separate genus, *Physolinum* (FRITSCH, 1935, p. 278), on the grounds that the filaments grow and branch by a process resembling budding and that the sporangia form aplanospores only. He remarks (p. 25): "This species seems to be a subaerial alga widely spread in the Tropics, as it has been found in the tropical regions of the New, as well as the Old World: Chile, Costa Rica, the Dutch East Indies, Australia, and now in South Africa. Although it has been observed and examined in course of time by several investigators in nature as well as in cultures, it has always been recorded as sterile, its reproduction accordingly having been hitherto unknown".

An alga very similar to *Physolinum monile* (Fig. 1) appeared in an agar culture, prepared from a sample of algae obtained from the bark of a beech tree on Wimbledon Common in July, 1947. The piece of bark in question was removed from the north side of the tree at a distance of four inches above the ground. The agar medium was made up with Bristol's solution with two drops of 1% aqueous solution of ferric chloride per litre, a solution which has proved to be satisfactory for the cultivation of the algae living on tree trunks. Unfortunately the original culture perished and repeated attempts to obtain the alga again have not been successful. Until it has been rediscovered and further studied, it must remain open whether such differences as the British material shows warrant the establishment of a distinct variety.

The structure of the vegetative filaments agrees with the descriptions already given by DE WILDEMAN (1891, p. 140) and KARSTEN (1891, p. 11, as *T. moniliformis*). They are richly and irregularly branched, without any difference between main axes and lateral

branches. The branches arise alternately or opposite to one another (figs. 2, A, B), and commonly originate from near the upper ends of the parent cells. The cells forming the branches are often constricted at the septa (figs. 2, A-C). The young branch at first appears as a thin-walled protrusion (fig. 2, D, 1), which swells and gradually increases in size, becoming ellipsoidal or subspherical. A small knob-like outgrowth arises from the upper end of this primary protrusion

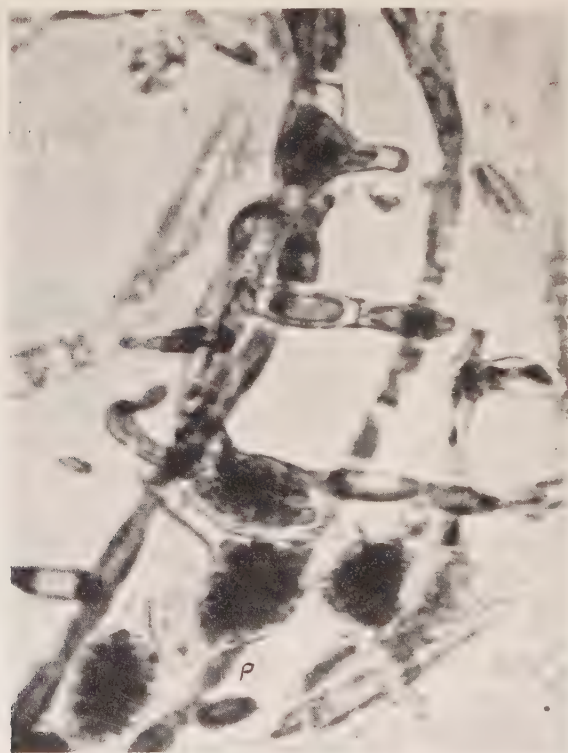


Fig. 1. *Physolinum monile* (De Wildem.) Printz

(fig. 2, D, 2) and gradually reaches the size and assumes the shape of the latter, after which it is separated from it by a partition-wall (fig. 2, D, 3, 4). As this process is repeated, there results a chain of several cells, which are constricted at the septa (fig. 2, c¹). The terminal cells of the branches generally have obtusely rounded apices.

The individual cells vary much in shape and size, the length ranging from 5 to 46 μ . The walls are smooth and lamellose, the lamellae being continuous over the septa which are often convexly

arched towards the apex of the filament. All parts of the wall swell considerably in concentrated potash and then reach a thickness of 1—1.5 μ . With chlor-zinc-iodide they stain deep violet, while the inner surface of the wall is stained red by ruthenium red.

The characteristic yellow or orange colour of the threads is due to the presence in the cells of a pigment dissolved in globules of fat of diverse sizes. These are specially aggregated round the chloroplasts and are stained red by scharlach R (fig. 2, E). The chloroplasts take the form of long and narrow ribbons, one or several of which are present in each cell. In the larger cells the chloroplasts break up into several small parietal discs (fig. 2, F). There are no pyrenoids. Young cells are uninucleate, but there are 4—6 nuclei in the older cells (fig. 2, G).

The common method of reproduction in my cultures was by means of zoospores. Every vegetative cell seems able to become a zoosporangium (fig. 1) which may be intercalary or terminal in position. No axillary sporangia were observed. The sporangia arise quite promiscuously and appear as wider cells, occurring either singly (fig. 2, N) or in series of two or more (figs. 2, H, O). They vary in shape, being spherical, ellipsoidal or pyriform and are between 18 and 25 μ wide.

As the time of ripening approaches, the sporangium develops a colourless beak which reaches a length of 4—7 μ before it deliquesces at the tip to allow of the escape of the zoospores. The contents of the sporangium divide successively into 4, 16 or, most usually, 32 zoospores (fig. 1). The young sporangium contains several large orange-coloured globules (fig. 2, O), but most of these disappear during the development of zoospores, although a few minute globules are sometimes found at the bottom of the empty sporangium (fig. 2, H, b). The zoospores escape one by one, the posterior end being directed forwards during liberation. I have seen sixteen zoospores escape from a sporangium, one at a time, within 30 seconds. The zoospores measure 9 μ long and 3 μ broad and have two anterior flagella which are longer than the body (fig. 2, L). They are ovoid or pear-shaped, with the posterior end rounded, and there is a single cup-shaped chloroplast in the posterior part of the cell and several minute orange-coloured globules. No eye-spot was observed. The zoospores are very active and swim rapidly. On coming to rest, they round off and the flagella are shed. The rounded zoospores are 5 μ wide.

Zoospores were once seen moving in an unopened sporangium (fig. 2, M). After a time they lost their flagella and became globose, a very thin membrane forming round each of these aplanospores. Complete suppression of movement would give true aplanospores

like those which seemingly occurred in the samples examined by PRINTZ (1921, p. 25).

Zoospores, which fail to escape, not uncommonly begin to germin-

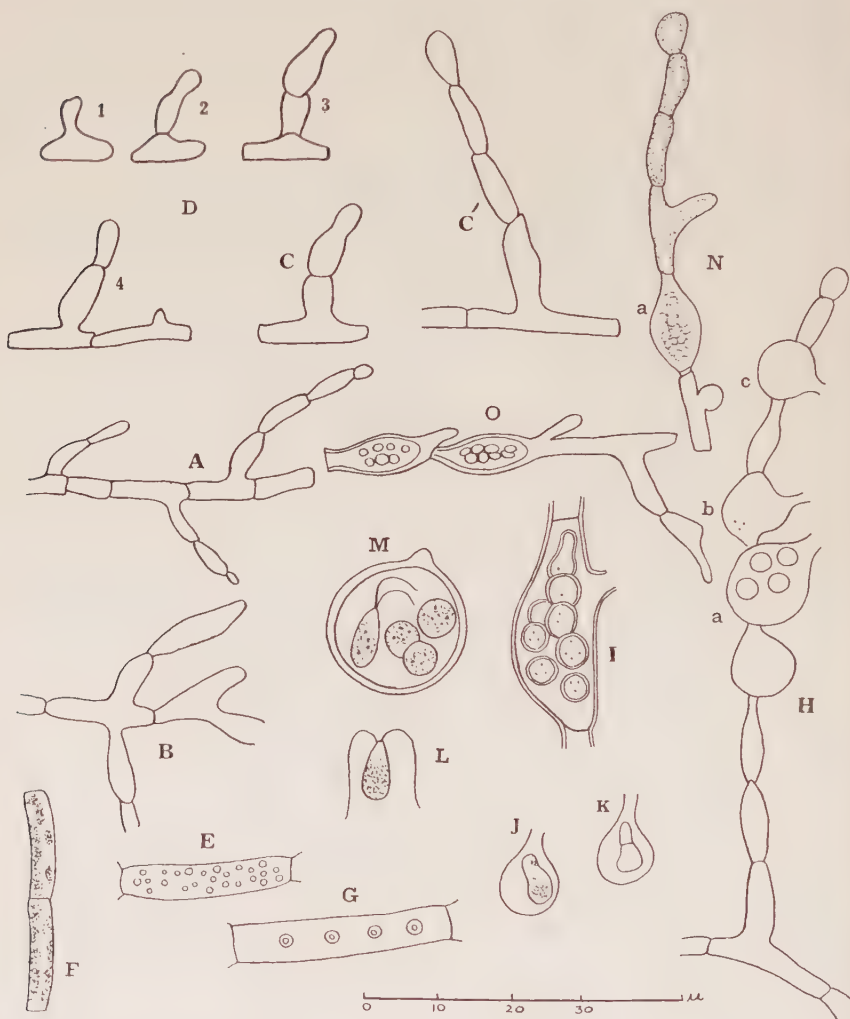


Fig. 2. *Physolinum monile* (De Wildem.) Printz. A, C, C', alternate and B, opposite branching. D, 1-4, stages in branch-formation. E, cell stained with Scharlach Red to show oil globules. F, cell with chloroplasts and G, with 4 nuclei. H, branch with 4 sporangia; a, open and partly emptied; b, c, empty, b with remnants of oil globules. I, aplanospores. J, K, germinating aplanospores. L, zoospore. M, zoospores, which are rounding off after movement within the sporangium for 45 minutes, one still bearing flagella. N, branch with a young sporangium (a). O, two sporangia with long beaks.

ate inside the sporangium (figs. 2, J, K). They enlarge and develop a knob-like protuberance, which is later separated by a septum. The further development was not observed.

The form described by PRINTZ and others reproduces only by aplanospores (7—11 μ in diameter) and possesses thin cell-walls, whereas that described above possesses zoospores, which on rounding off are only 5 μ in diameter, while the cell-walls are moderately thickened and lamellose.

The investigations above described were carried out in the Botanical Department of Queen Mary College (University of London).

REFERENCES

- FRITSCH, F. E. - Structure and Reproduction of the Algae. I. Cambridge, 1935.
KARSTEN, G., 1891. - Untersuchungen über die Familie der Chroolepideen. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, 10, 1-66.
PRINTZ, H., 1921. - Subaerial Algae from South Africa. *K. Norsk. Vidensk. Selsk. Skrift.*, No. 1.
DE WILDEMAN, E., 1891. Les *Trentepohlia* des Indes Néerlandaises. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, 9, 127-142.
DE WILDEMAN, E., 1897. - Algues rapportées par M. J. Massart d'un voyage aux Indes Néerlandaises. *Ibid.*, 1e Suppl.
DE WILDEMAN, E. - Les Algues de la Flore de Buitenzorg. Leiden, 1900.

The taxonomy of the British species of Siphonuridæ (Ephem.)

T. T. MACAN

(Freshwater Biological Association, Ferry House, Ambleside,
Westmorland, England).

(with 5 figures)

There are four British species in this family, three in the genus *Siphonurus* and one in the genus *Ameletus*.

Cast skins associated with the adults that emerged from them have been used to establish specific identity. This having been done, it has been possible to base the descriptions on both cast skins and whole nymphs. The latter were full-grown.

The mouthparts, except the mandibles, have been drawn after mounting, and may, therefore, have suffered some compression.

Siphonurus lacustris Eaton

Material: Buttermere, CU, 24 cast skins; Brown Cove Tarn, WL, 3 nymphs; R. Brathay, WL, 1 cast skin; Blelham Fishpond, WL, 4 nymphs; Blelham Fishpond Beck, WL, 1 cast skin; Llyn Idwal, CR, 7 nymphs.

Lengths: 12—16 mm.

Structure: Details of structure are illustrated in figs. 1—4; a comparative account of features of taxonomic importance is given under *S. armatus*.

Ecology: In the Lake District it occurs in the high barren stony-bottomed tarns, in the lakes, and in slow rivers with vegetation. I am indebted to Dr. H. B. N. HYNES for a collection of nymphs from Llyn Idwal, at an altitude of 1223 feet in North Wales.

Siphonurus armatus Eaton

Material: R. Winsten, WL, 6 cast skins and 5 nymphs; Broxbourne Woods, HT, 10 nymphs.

Lengths: 15—17 mm.

Comparison with S. lacustris: Both species have only the first two pairs of gills double (fig. 3), and are immediately separated from *S. linneanus* by this feature. The differences between them, arranged in order of importance to the taxonomist, are:

1. Along the inner margin of the middle segment of the maxillary palp (fig. 1, top) run two rows of bristles. In *S. lacustris* the bristles of one row are tiny and not seen unless searched for; the segment appears to bear a single row of 4—7 bristles. In *S. armatus* the bristles of both rows are of the same size; usually about 12 bristles altogether are evident. This feature can be observed quite easily on a whole nymph with the high power of a binocular microscope.

2. On the upper surface of the last segment of the labial palp (fig. 1 mid), there are conspicuous large bristles, some in a group towards the apex, the rest extending in a line from the group to the base of the segment. In *S. lacustris* there is a single line of bristles, in *S. armatus* there are one or two extra ones not in the line. This feature is quite obvious on a cleared and mounted specimen or a cast skin, but is not easy to make out on a whole nymph.

3. Fig. 2 shows typical abdominal markings of the two species. The pattern in the centre is variable and unimportant; the obvious difference is that there are dark dots on the sides of the segments of *S. lacustris* but not *S. armatus*. Pattern, however, is notoriously variable in Ephemeroptera nymphs. In the present series about half the specimens of *S. armatus* have dark marks on the sides of segments 8 and 9, though they are usually more elongate than the dots on *S. lacustris* shown in fig. 2. On the other segments the dark area of the centre may encroach toward the sides but there are no detached dots as in *S. lacustris*.

On 22 of the specimens of *S. lacustris* the lateral dark dots are visible on segments 2—9 inclusive; on 5 they can be detected only on segments 7, 8, and 9. On a few specimens the lateral dots on segment 9 are elongate, extending nearly the whole length of the segment as in *S. armatus* and not oval as in fig. 2, but, whenever this condition is found, there are conspicuous dots on the sides of all the other segments.



Fig. 1.

maxilla and maxillary palps; labium and labial palps; labrum; lac. = *S. lacustris*, arm. = *S. armatus*, linn. = *S. linneanus*.

4. The lateral spines are larger in *S. armatus* than in *S. lacustris*. Those on the ninth segment reach or nearly reach the tip of the tenth segment in *S. armatus*, but no more or little more than half-way in *S. lacustris* (fig. 2).

5. Fig. 2 shows that the lateral outline of segments 8 and 9 is concave in *S. lacustris* and convex in *S. armatus*. The segments are always concave in *S. lacustris*, sometimes more so than shown in the figure. Unfortunately the sides of segments 8 and 9 are sometimes a little concave in *S. armatus* also, and, therefore, not all specimens can be separated on this feature, though extreme examples are quite distinct.

Ecology: The Westmorland specimens came from a slow weedy river draining partly from limestone; those from Hertfordshire were kindly sent me by Mr. E. S. BROWN. His locality was a fairly fast stream flowing through a meadow surrounded by a wood and connected with a series of sluggish ditches.

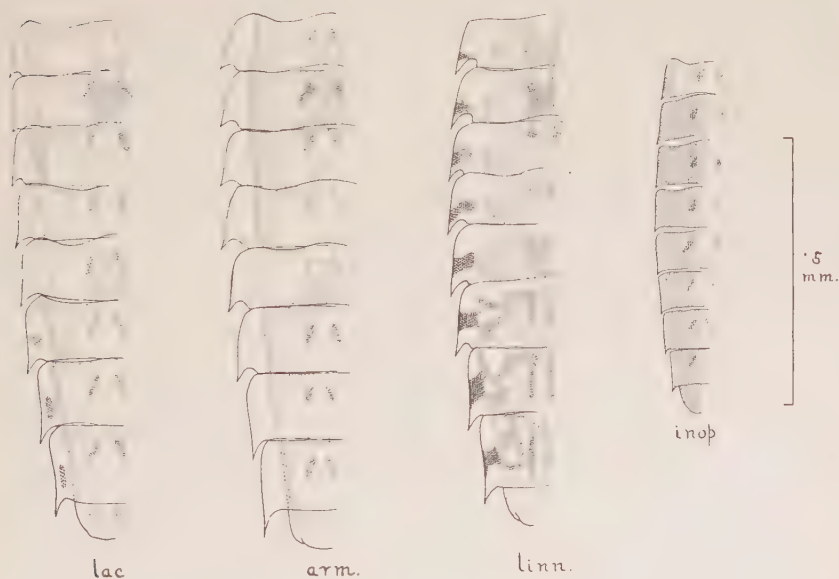


Fig. 2.

markings on abdominal tergites; lac. = *S. lacustris*, arm. = *S. armatus*, linn. = *S. linneanus*, inop. = *A. inopinatus*.

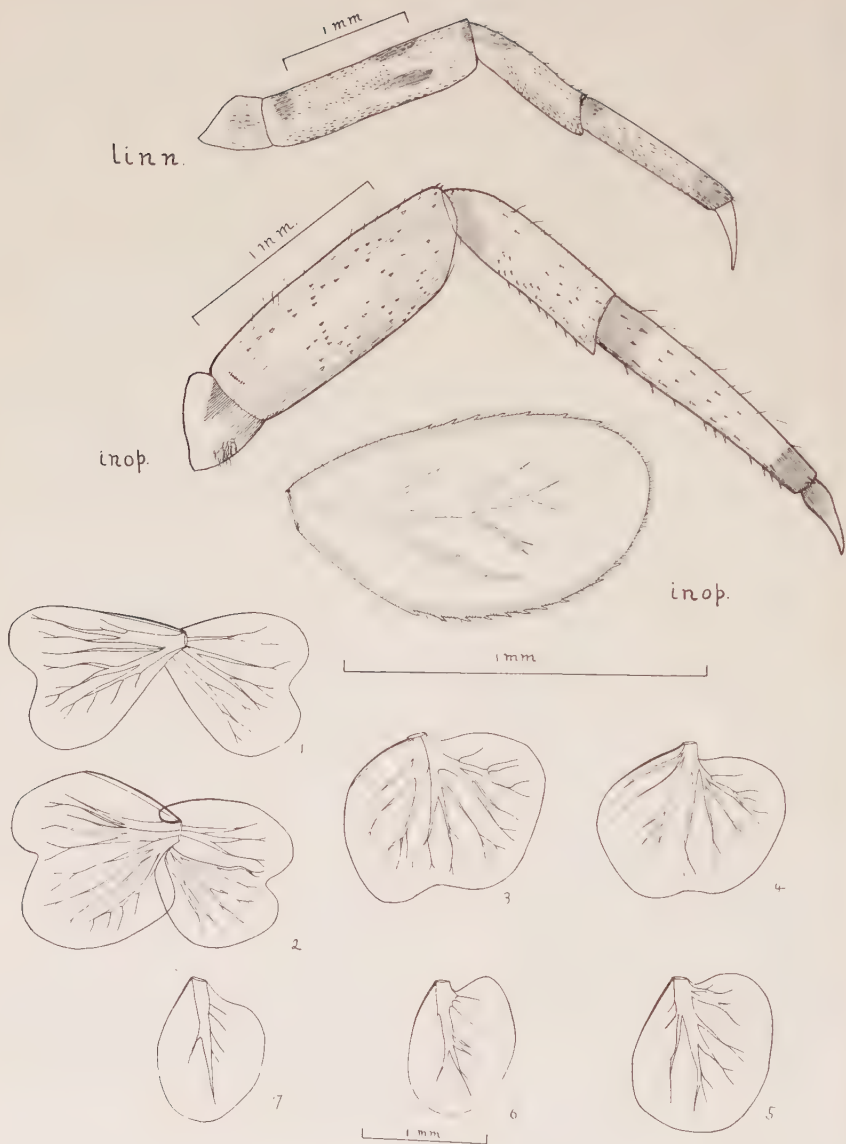


Fig. 3.

legs of *S. linneanus* and *A. inopinatus*; single gill of *A. inopinatus*; set of gills from *S. lacustris*.

Siphonurus linneanus (Eaton)

Material: R. Cree, KB, 15 cast skins and 15 nymphs.

Lengths: 14—18 mm.

Comparison with preceding species: Six pairs of double gills immediately distinguish this species.

The pattern on the abdomen, which is usually strongly contrasted, is also characteristic, the most distinctive feature being the black bands which run from the central pigmented area right to the margin of each segment (fig. 2). The markings on the legs are usually darker than on the other two species (fig. 3).

The outline of the abdominal segments is like that of *S. lacustris* (fig. 2), but the mouth parts resemble those of *S. armatus* (fig. 1).

Ecology: My only record is from just over the Scottish border in a slow river exactly like one of those in which *S. lacustris* occurs in the Lake District.

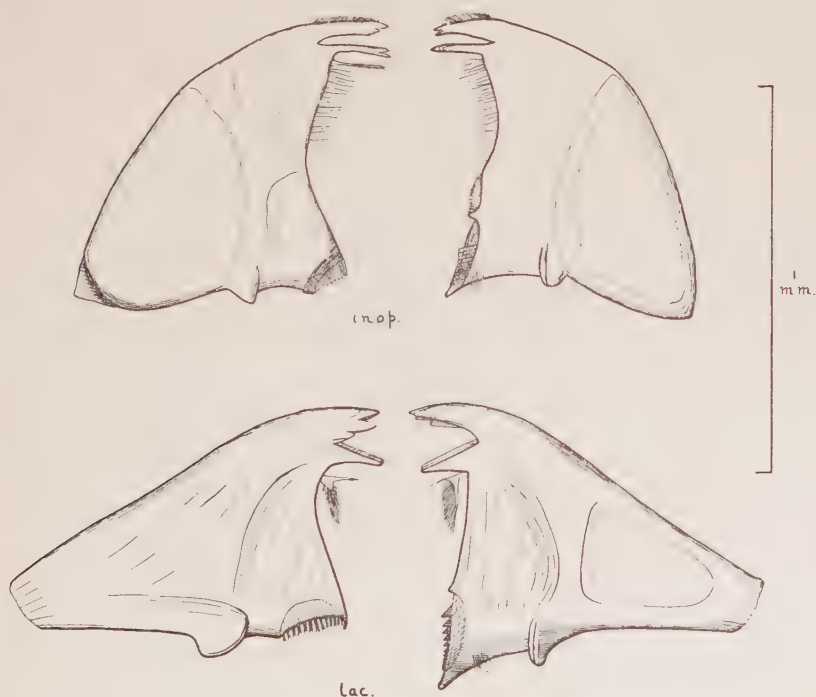


Fig. 4.

mandibles of *A. inopinatus* and *S. lacustris*.

Ameletus inopinatus Eaton

Material: Whelpside Ghyll, WL, 4 cast skins and 2 nymphs.

Dimensions: 9—11 mm.

Distinction from Siphonurus: All the gills are single. There are also many differences in the mouth parts (cf figs. 1, 4, 5), particularly the maxillae, which in *Ameletus* (fig. 5) bear "Planktonharke" (SCHOENEMUND, 1930) reminiscent of those of the Ecdyonuridae. There is little pattern on the abdomen, but the tails have distinct dark bands.

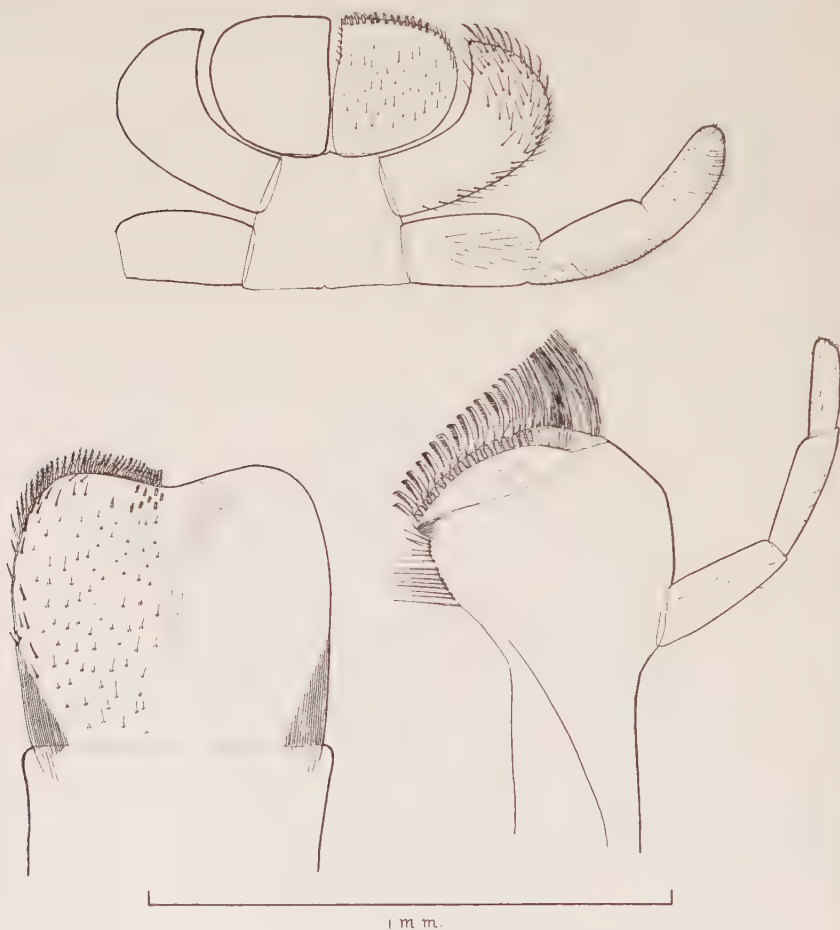


Fig. 5.

labium, maxilla, and labrum of *A. inopinatus*

Ecology: In the Lake District it appears to be abundant and widespread in mountain streams, but has not been found below an altitude of 1,000 feet (300 metres). SCHOENEMUND (1930) refers to it as "eine typische Hochgebirgsform".

CU = Cumberland, WL = Westmorland, HT = Hertfordshire (England); KB = Kircudbrightshire (Scotland); CR = Caernarvonshire (Wales).

Key

The families Siphonuridae and Baetidae include all those nymphs that can swim rapidly, and superficial resemblance between the two is close. Detailed examination reveals a number of differences (compare figures in this article with those in Macan 1949 and 1950). Characteristic of all the Siphonuridae are the pointed projections of the hind corners of the abdominal segments (fig. 2). This difference is striking in *Siphonurus* (which is also much bigger than any Baetid when full grown) but less obvious in *Ameletus*, which with its single gills may be taken for a *Baëtis*. A glance at the mouthparts, however, will identify it at once.

- 1. All gills simple *Ameletus inopinatus*
Some gills with two lamellae 2
- 2. First six gills with two lamellae *Siphonurus linneanus*
First two gills with two lamellae (fig. 3) 3
- 3. Inner margin of middle segment of maxillary palp with 4 to 7 bristles in a single row (fig. 1); on last segment of labial palp large bristles lie in a regular line between the base and a group of similar bristles towards the apex (fig. 1); an isolated round or oval dark mark on the flat margin of abdominal segments numbers 8 and 9 at least, and usually on 2—9 (fig. 2)..... *S. lacustris*

Inner margin of middle segment of maxillary palp with about 12 bristles in two rows (fig. 1); bristles on last segment of labial palp not in a regular row; flat margins of abdominal segments uniformly pale (fig. 2) except numbers 8 and 9 which may have an elongate dark mark *S. armatus*

Bestimmungstabelle

1. Die hinteren Ecke der Abdominalsegmenten nicht in scharfe Stacheln ausgezogen *Fam. Baetidae*
 Die hinteren Ecke der Abdominalsegmenten in nach hinten gerichtete scharfe platte Stacheln ausgezogen (Abb. 2) *Fam. Siphonuridae*
 (Bei *Siphonurus* sind die Stacheln gross und auffallend; bei *Ameletus* aber klein und weniger auffallend. Die *Ameletus*-Larven ähneln auf den ersten Blick diejenigen von *Baëtis*, unterscheiden sich aber von ihnen leicht durch den eigentümlichen Mundteilen (Abb. 4 u. 5).
2. Tracheenkiemen aus 7 einfachen Blättern bestehend *Ameletus inopinatus*
 Einige von den Tracheenkiemen doppelt 3
3. Die ersten 6 Paare Tracheenkiemen doppelt *Siphonurus linneanus*
 Die ersten 2 Paare Tracheenkiemen doppelt 4
4. Am Innenrand des mittleren Gliedes der Maxillarpalpen 4 bis 7 Borsten in einer einzigen Reihe (Abb. 1); von einer Gruppe von Borsten neben der Spitze des letzten Gliedes der Labialpalpen laufen ähnliche Borsten nach innen in einer geraden einzigen Reihe (Abb. 1); ein runder oder ovaler dunkler Fleck steht auf den flachen Rändern der Abdominalsegmenten Nr. 2 bis 9 (selten nur auf 8 u. 9) (Abb. 2) *S. lacustris*
 Am Innenrand des mittleren Gliedes der Maxillarpalpen ungefähr 12 Borsten in 2 Reihen; Borsten auf dem letzten Glied der Labialpalpen nicht in einer einzigen Reihe (Abb. 1); flache Ränder der Abdominalsegmenten Nr. 2—7 ohne Flecken (Abb. 2), Nr. 8 u. 9 mit oder ohne verlängerten dunklen Fleck *S. armatus*

REFERENCES

- MACAN, T. T. - 1949 - Descriptions of the nymphs of the British species of *Cloëon*, *Procloëon* and *Centroptilum* (Ephem. Baetidae). *Ent. mon. Mag.* 85, 222—228.
- MACAN, T. T. - 1950 - Descriptions of some nymphs of the British species of the genus *Baëtis* (Ephem.) *Trans. Soc. Brit. Ent.* 10, 144—166.
- SCHOENEMUND, E. - 1930 - Eintagsfliegen oder Ephemeroptera in: *Die Tierwelt Deutschlands*. 19, 1—106.

Contributions to our Knowledge of British Algae

by

J. W. G. LUND

Freshwater Biological Association, Ambleside

XII. *A new Planktonic Cyclotella (C. praetermissa n. sp.); Notes on C. glomerata BACHMANN and C. catenata BRUN and the occurrence of setae in the genus.*

Cyclotella praetermissa n. sp.

The cells (8-25 μ diam.) are surrounded by a mucilage envelope and may be solitary or united into linear colonies of 2-8 individuals (fig. 1, *C-H*) which are commonly widely separated though this, in part, depends on the rate of cell-division. The mucilage sheath, which is only visible in preparations mounted in Indian ink, is not as wide as the cell it surrounds (fig. 2, *A, B*). Its shape is like that of the cell, so that its contour appears approximately circular when the cell is seen in valve-view (fig. 2, *A, B*) and more or less rectangular in the girdle-view (fig. 1, *D-F*). Between the cells of the colonies, the mucilage envelope is often more or less constricted (fig. 1, *G, H*) and, when mounted in Indian ink, some of the particles of the latter may penetrate between the cells (fig. 1, *H*). This lax association is responsible both for the small size of the colonies, which commonly consist of only two cells, and for the high frequency of solitary cells in the population. There are up to 25 very fine radially arranged setae, the length of which is from 5 to 10 times the diameter of the valve (see below). The cells contain numerous parietal discoid chromatophores (fig. 2, *A*).

While the valve-view is always circular, the girdle-view of the cells varies from biconvex through concavo-convex to biconcave (fig. 1, *D-H*). The outer part of the valve face bears two kinds of radial markings, viz. narrow striae, most of which reach the central area and shorter thicker rectangular lines lying just within the margin. These latter, which come in to focus at a slightly lower plane than the striae, are the *Schattenlinien* of Hustedt (1930, pp. 349-50) who suggests that they are ribs (as they are termed in the following) on the

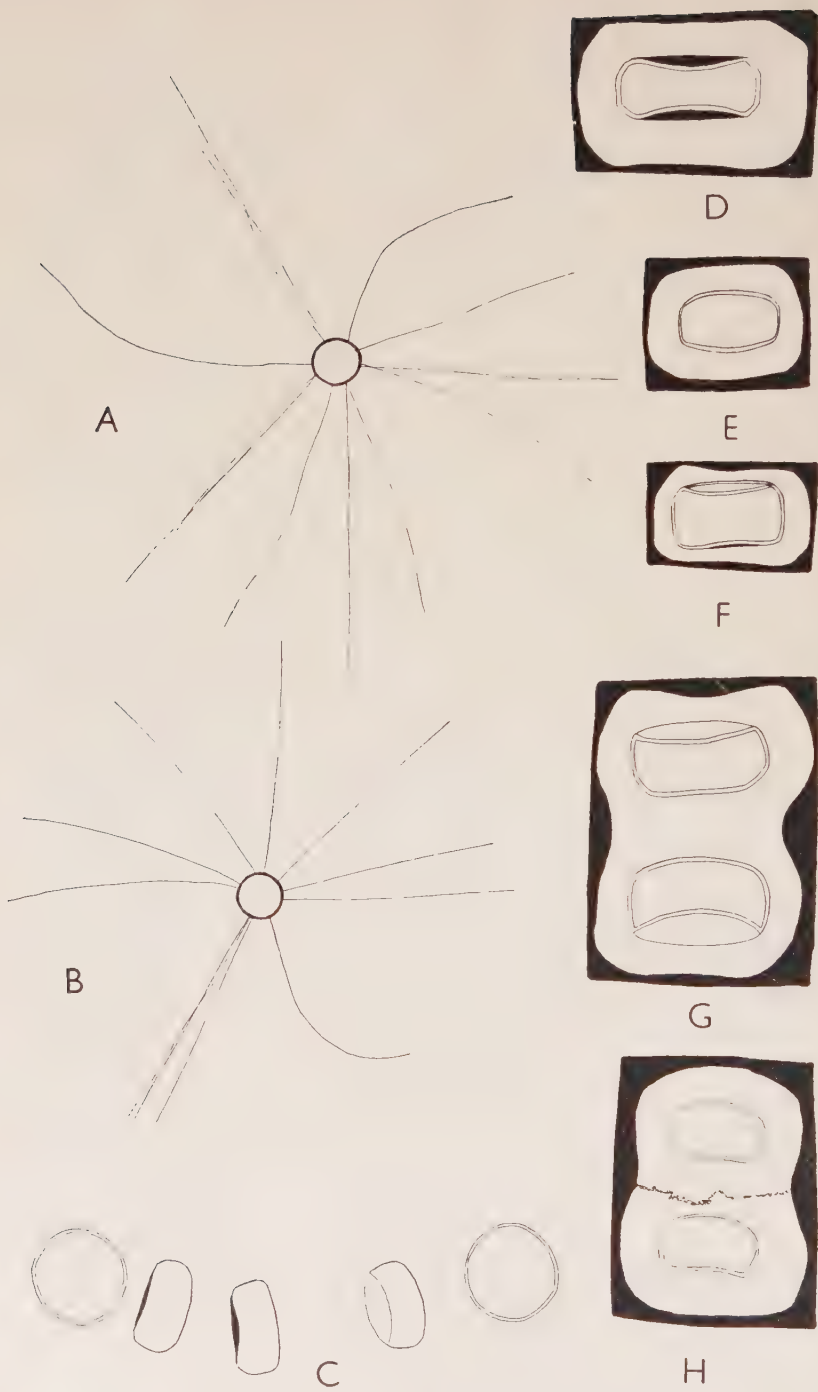


Fig. 1

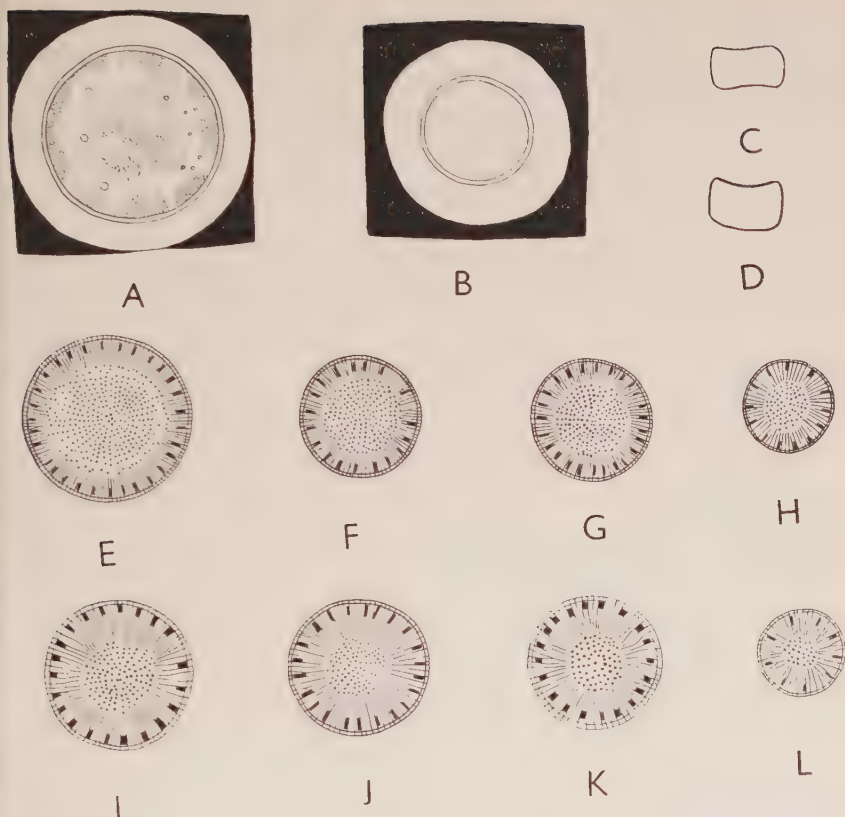


Fig. 2

Figure 1.

Cyclotella praetermissa n. sp. from Blelham Tarn. *A, B*, air-dried cells; *C*, five-celled colony; *D-H*, solitary cells and two-celled colonies in girdle- or oblique girdle view mounted in Indian ink. *A, B* $\times 325$; *C* $\times 750$; *D-G* $\times 1100$; *H* $\times 850$.

Figure 2

Cyclotella praetermissa n. sp. *A, B*, cells in valve- and *C, D*, in girdle-views; *E-L*, valve markings; *E-H* of cells from Brathay Quarries, *I-L* of cells from Blelham Tarn. *A, E-L* $\times 1100$; *B-D* $\times 750$.

inner side of the valve. There are usually 13-15 striae and 3-4 ribs in 10 μ , but in the material from Brathay Quarries (see below) there were 17-19 striae and 4-5 ribs in 10 μ . There are long and short striae. The longer are ten or more times as numerous as the shorter which may be wholly absent. The longer ones are of slightly uneven length so that the central area is not truly circular (fig. 2, *E-L*). The short striae are often half the length of the longer and commonly converge towards one of the longer ones, the two striae together forming a V (fig. 2, *I-L*). It remains uncertain whether these striae are sometimes joined to one another. On some valves there are one or two short striae with an isolated puncta situated opposite their inner ends (fig. 2, *I*). The central area contains more or less regular radiating rows of punctae. Sometimes a central one or a group of central punctae is separated by a more or less marked space from the others (fig. 2, *E, K*). The rows of punctae sometimes extend to the inner edge of the striae (fig. 2, *I*), but there may be a more or less marked and irregular zone, devoid of punctae, between them and the striae (fig. 2, *J*) or a sparsely punctate outer zone (fig. 2, *E*). The width of the central area, relative to that of the striated outer zone, is greater in the specimens from Brathay Quarries (fig. 2, *E-H*) than in those from the plankton of the lakes (fig. 2, *I-L*).

If water containing live cells is evaporated on a slide at laboratory temperatures, some of the dry cells, in valve view, are seen to bear long (75-165 μ) and extremely delicate setae (fig. 1, *A, B*). The setae are easily broken or detached and it is never certain how many were originally present. When they are distributed round the cell at more or less regular intervals, the number ranges from 10 to 25. They disappear when dried cells are mounted in polystyrene, stirax or antimony bromide-piperine, nor do they stain or become visible in cells mounted in Indian ink. They are destroyed by treatment with acids or hydrogen peroxide or in incineration. It appears that they are not siliceous (See also p. 7).

In valve structure *C. praetermissa* agrees with *C. comta* (Ehr.) Kütz. (HUSTEDT 1930, p. 354, fig. 183) and with the colonial *C. quadrijuncta* (Schroet.) HUSTEDT (1930, pp. 357-58, syn. *C. Schroeteri* Lemm.). The differences are:

(i) The mucilage-envelope around the cells and colonies contrasts with the narrow central mucilage threads joining the cells of *C. quadrijuncta* (HUSTEDT 1930, fig. 186a). In this respect *C. praetermissa* approaches *C. planctonica* Brunnth.

(ii) The long delicate setae. These are of doubtful diagnostic value (see p. 7).

(iii) All the punctae are of about the same size in contrast to the

alternating concentric zones of more or less prominent punctae of *C. quadrijuncta*.

(iv) The smaller valves (8-25 μ in diameter as against 20-40 μ). So many specimens have been seen in plankton samples and the deposits from various bodies of water during the last four years, that it seems unlikely that the size limits are significantly greater than those here recorded.

C. quadrijuncta and *C. planctonica* Brunnth. (BRUNNTHALER, PROWAZEK and WETTSTEIN, 1901) have often been confused. According to HUSTEDT (1930) the latter has the wide mucilage envelope of *C. praetermissa*, but differs from it and *C. quadrijuncta* in the absence of ribs on the valves. BRUNNTHALER (loc. cit. p. 79, figs. 1, 2) states that, whereas *C. quadrijuncta* forms colonies of about 4 cells, those of *C. planctonica* consist of 8 cells or a multiple of 8 (usually 32); nevertheless, he would unite the two species.

Schröter's (1896) original diagnosis of *C. comta* (Ehr.) Kütz. var. *quadrijuncta* Schröter (now *C. quadrijuncta* (Schröt.) Hust.) emphasizes the relationship with *C. comta*. It must remain a matter of opinion whether *C. praetermissa* and other species (cf. Hustedt 1930, pp. 354-60) which differ from *C. comta* in their colonial habit, should have specific or varietal status.

C. praetermissa occurs in the plankton of the following lakes: Bassenthwaite, Blelham Tarn, Crummock Water, Derwentwater, Elterwater, Ennerdale Water, Esthwaite Water (extremely rare), Haweswater, Loughrigg Tarn, Loweswater, Ullswater and Windermere. The *C. quadrijuncta* recorded for Scotland, Wales and Ireland (Bachmann 1907, West and West 1906, Williams 1935, 1936, 1942) may be *C. praetermissa*. The highest density observed is 1400 cells per ml. in Blelham Tarn where it is sometimes the dominant plankton diatom after the *Asterionella* maximum in spring. Though live cells may be found on the bottom deposits, their abundance varies with that in the plankton. The cells soon die when buried in the deposits.

C. praetermissa, however, occurs as a bottom-living diatom in some of the Brathay Quarries near Outgate (and Blelham Tarn), Lancashire. The pools in these disused quarries are deep and more or less sheltered, with no inflowing or outflowing streams. They are situated on slates of Silurian age (Lower Coniston or Brathay Flags, Marr 1916, pp. 50-53) and are somewhat calcareous (alkalinity equivalent to 50-100 mg. per litre CaCO_3), though varying markedly in the amount of organic matter present. *C. praetermissa* occurs in the pools poor in organic matter; it is never found in the plankton but lives on the algal crust covering the rocky bottom. This crust is richly impregnated with CaCO_3 crystals and consists of an upper layer dominated by diatoms and a lower layer dominated by Myxophy-

ceae. In the quarry pool containing the largest quantity of organic matter, the bottom is covered by a mat of dead leaves, with much black mud, and *C. praetermissa* is absent. Its absence is probably due to the inability of the cells to return to the surface when buried. The cells die in a few days in the absence of free oxygen. The non-occurrence of *C. praetermissa* in the plankton of the other quarry pools may be related to their more or less sheltered position and precipitous sides so that water movements are small. Despite the difference in habitat, the quarry specimens show the same colonial habit and the long delicate setae found on the planktonic specimens in the lakes.

Material and slides of *C. praetermissa* are lodged with the Fresh-water Biological Association.

DIAGNOSIS

Cyclotella praetermissa n. sp. Cells (8-25 μ diam.) solitary or loosely united into chains of 2-8 individuals, both colonies and solitary cells surrounded by a somewhat wide mucilage sheath which is invisible except in Indian ink. The cells bear numerous fine marginal setae, 75-165 μ long, which do not appear to be composed of silica and are only visible in dried material or with phase-contrast microscopy. Marginal area of valve wide, with radially arranged striae (13-19 in 10 μ), some usually markedly shorter than those on either side; a short stria may form a V with a neighbouring stria; 2-4 of the short striae may have an isolated puncta opposite their inner ends. A short distance within the margin of the valve there is a ring of short ribs (Schattenlinien), 3-5 in 10 μ . Central area with more or less regularly arranged radial punctae.

In the plankton of a number of lakes and in certain quarry pools in the English Lake District.

Cyclotella praetermissa n. sp. Zellen (8-25 μ im Durchmesser) einzeln oder zu kurzen lockeren Ketten von 2-8 Individuen verbunden. Kolonien und Zellen von einer gemeinsamen ziemlich breiten Gallerthülle umgeben die in Tuscheemulsion sichtbar ist. Zellen mit vielen, zarten randständigen Borsten, 75-165 μ lang, die scheinbar nicht aus Kiesel bestehen und nur in getrockneten Präparaten oder mit Phasenmikroskopie sichtbar sind. Randzone der Schalen breit, radial gestreift (Streifen 13-19 in 10 μ), einige Streifen gewöhnlich kürzer als die anderen; oft bildet ein kurzer Streifen ein V mit einem der längeren Streifen; 2-4 der kurzen Streifen zuweilen mit einem davorstehenden isolierten Punkt. Innerhalb der Randzone ein konzentrischer

Ring von Schattenlinien, 3-5 in 10 μ . Mittelfeld mehr oder weniger klar radial punktiert-gestreift.

Im Plankton einiger Seen und in gewissen Steinbrüchen der Englischen Seengegend.

CYCLOTELLA GLOMERATA Bachmann

This species was observed by Dr. A. C. GARDIERR in the River Lee at Chingford, England, in 1936 (information supplied by Professor F. E. FRITSCH). I have observed it in the plankton of the following English Lakes: — Bassenthwaite, Blelham Tarn, Brother's Water, Coniston Water, Crummock Water, Derwentwater, Elterwater, Ennerdale Water, Esthwaite Water, Grasmere, Haweswater, Loughrigg Tarn, Loweswater, Malham Tarn, Rydal Water, Thirlmere, Ullswater, Wastwater, Windermere. It is most abundant in spring and summer and, in Windermere, over 2,500 cells per ml. have been recorded. Collections have been obtained from most of the lakes for every month of the year and from some at weekly intervals for 4½ years. Despite its widespread occurrence and occasional great abundance in the English Lake District, I have never observed the collection of chains into aggregate colonies (HUSTEDT 1930, p. 363, fig. 189). Chains containing up to 65 cells are frequent, especially during periods of abundance. Solitary cells are very common and may predominate when the population is not growing fast.

CYCLOTELLA CATENATA Brun

This sometimes occurs in Windermere together with the preceding species, but it is much less frequent and very rarely abundant.

The OCCURRENCE of SETAE in the GENUS

In *C. praetermissa* the setae are invisible in living cells except when observed with a phase-contrast microscope. Even then they do not appear very sharply but they are clearly not artifacts. They disappear when dried cells are mounted in polystyrene, stirax or antimony bromide-piperine, nor do they stain or become visible in cells mounted in Indian ink. They are destroyed by treatment with acids or hydrogen peroxide or in incineration. It appears that they are not siliceous. The first reference to such structures in *Cyclotella* appears to be that of GRENFELL (1891). For *C. Kutzingiana* Thwaites (correct

identification?) he recorded that sometimes they are visible in living cells and at other times only after treatment (e.g. drying). From chemical tests he concluded that they are not silicified and do not contain cellulose. He was able to stain them in Kleinenberg's haematoxylin. There are usually 17 to 20 per cell. GIMESI (1926) has described similar setae of unknown constitution in *C. bodanica* Eulenstein var. *lemanensis* O. Müll. He too is of the opinion that they are neither artifacts nor due to pathological conditions. NYGAARD (1949 pp. 140-1 and text to fig. 73) on the other hand, though he does not cite the works of GRENFELL or GIMESI, concludes that they are siliceous in the material of *C. Meneghiniana* Kütz. that he collected. It is possible that they are variable in this respect. GRENFELL (1891) considered them to be of value not only in flotation but also as a protection against browsing ciliates. Dr. HUSTEDT (private communication) is of the opinion that fine setae may occur in other species. It appears then that they are unlikely to be of much diagnostic value.

My thanks are due to Dr. F. HUSTEDT who has put his great knowledge of diatoms at my disposal.

REFERENCES

- BACHMANN, H. - 1907 - Vergleichende Studien über das Phytoplankton der Seen Schottlands und der Schweiz, *Arch. Hydrobiol. Plankt.*, 3, 1-91.
- BRUNNTHALER, J., S. PROWAZEK, und R. von WETTSTEIN - 1901 - Vorläufige Mitteilung über das Plankton des Attersees in Oberösterreich, *Öst. bot. Z.*, 51, 73-82.
- GIMESI, N., - 1926 - Über die kolloidalen Schirmfäden von *Cyclotella lemanensis*, *Rev. Hydrol.*, 3, 267-70.
- GRENFELL, J. G. - 1891 - On the occurrence of pseudopodia in the diatomaceous genera *Melosira* and *Cyclotella*. *Quart. J. micr. Sci.* 32, 615-23.
- HUSTEDT, F. - 1930 - Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, Rabenhorst's Kryptogamenfl., 7.
- MARR, J. E. - The Geology of the Lake District. Cambridge, 1916.
- NYGAARD, G. - 1949 - Hydrobiological Studies on some Danish ponds and lakes II. The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms. *Det kongl. Danske Videnskabs. Selsk. Biol. Skr.* 7, 293.
- SCHRÖTER, C. - 1896 - Die Schwebeflora unserer Seen (Das Phytoplankton), *Neujahrsbl. Naturf. Ges. Zürich*, 99, 1-58.
- WEST, W. and G. S. WEST - 1906 - A comparative study of the plankton of some Irish Lakes, *Tr. R. Irish Acad.*, 33, B., 77-116.
- WILLIAMS, E. G. - 1935 - Notes on algae and Cladocera from Mull, *Northwest Nat.*, 10, 334-5.
- WILLIAMS, E. G. - 1936 - Notes on the plankton of some lochs in the island of Mull, *Northwest. Nat.*, 11, 23-29.
- WILLIAMS, E. G. - 1942 - Notes on the plankton of two Welsh lakes, *Northwest. Nat.*, 17, 36-38.

Activités Algologiques et Limnologiques en France pendant l'année 1949

par

PIERRE BOURRELLY

Nous avons dépouillé pour l'année 1949, une cinquantaine de notes couvrant les divers domaines de l'algologie et de la limnologie et pourtant nous savons que dans les tiroirs, attendant destemps plus favorables, dorment encore de gros mémoires qui verront jour bientôt espérons-le.

En *Cytologie*, R. DUGHI (21) continue ses travaux sur les Cyanophycées par une note sur la métachromatine des gonidies du Lichen *Koerberia biformis*. Le corps central de ces gonidies, constitué par un réseau filamenteux (ou un simple filament barbelé) porte des granulations métachromatiques. Ces granules siègent sur le filament fondamental du corps central et non dans la gaine étroite du nucléoplasme qui l'enveloppe. Les corpuscules métachromatiques signalés dans le chromoplasme sont toujours des annexes du corps central. Il s'agit donc de pseudovacuoles car, pour l'auteur, la métachromatine ne se rencontre jamais en solution dans un suc vacuolaire.

R. HOVASSE (32) étudie quatre Chrysomonadines: *Cyclonexis annularis*, *Synura uvella*, *S. Petersenii* et *Dinobryon sertularia*: il trouve 2 types de noyaux et deux types de mitose. Il suit en détail la division chez *Synura*. Il découvre chez *S. Uvella* un corps paraflagellaire (photocepteur), un chondriome discontinu et un parabasal. Chez *Cyclonexis* il reprend en détail la structure fine des discobolocystes (organites comparables aux trichocystes) et donne des observations nouvelles sur la formation de la colonie annulaire de cette espèce.

M. CHAUDEFAUD et J. FELDMANN (14) apportent des renseignements inédits sur la cytologie d'une Coccolithophoracée nouvelle de Roscoff (nov. sp. de *Pontosphaeria*). Ces auteurs montrent l'existence de 2 fouets presque égaux en taille, mais fonctionnellement différents. Les chromatophores sont pourvus de pyrénoides. Les coccolithes présents à l'intérieur de la cellule, semblent montrer que leur formation est interne et s'effectue près du noyau.

M. CHAUDEFAUD (13) par des colorations vitales met en évidence des physodes typiques à fucosane chez la diatomée marine *Licmo-*

phora Lyngbiei. Ceci est un argument de plus justifiant le groupement Phéo-, Chryso-, Xanthophycées et Diatomées en un seul embranchement.

J. FELDMANN et G. SCHOTTER (29) examinant les pyrénoides de *Porphyra* et d'*Acrochaetium* retrouvent une structure zonée en disques empilés, rappelant celle des pyrénoides de Chlorophycées.

En *Morphologie*, M. SERPETTE (43) signale chez *Homeothrix balearica*, une cellule basale différenciée, fonctionnant comme un hétérocyste. Pour l'auteur les hétérocystes ont un double rôle: ils servent de charnière ou d'articulation pour les filaments rigides ramifiés et aussi d'appuis de butée permettant la formation des fausses ramifications chez les *Scytonema* et les *Tolypothrix* par exemple.

S. VILLERET (47) suivant la croissance d'*Oscillatoria Borneti*, montre que la kéritomie n'est pas un phénomène pathologique, mais tout au contraire est liée à la vie normale végétative de l'algue. Le manque d'éléments nutritifs produit un effacement de ce phénomène.

V. BENESOVA (2) modifie expérimentalement la vitesse de nage de l'*Haematococcus pluvialis* et suit les variations de cette vitesse en fonction de la viscosité du liquide. Sur le même matériel, la même algologue (3) apporte une observation qui bouleverse nos idées sur la structure des fouets de Volvocales. Les méthodes de Löffler et les frottis à la nigrosine démontrent irréfutablement que les flagelles des micro et macrozoospores d'*Haematococcus* sont pleuronématés: les fouets portent un filament très long au sommet, un autre vers la base, et des filaments plus courts sur un seul côté du bord antérieur. De plus chez les microzoospores les flagelles ont une tendance amphiconte: l'un est dirigé vers l'avant, l'autre vers l'arrière.

M. CHADEFAUD (11) constate chez les zoospores de deux Phéophycées, la présence d'une fosse vestibulaire entourée d'un cercle de physodes. Cette découverte éclaire la phylogénie des cellules nageuses des algues brunes et les rattachent aux autres groupes d'algues.

J. et G. FELDMANN (28) découvrent des synapses secondaires chez une *Griffithsia*. Ces synapses, manquant d'ordinaire chez les Céramiacées, sont du type classique.

M. CHADEFAUD (12) suit la formation des anastomoses interfilamenteuses chez la Floridée *Petrocelis cruenta*. Il remarque que ce processus rappelle curieusement les boucles et anses latérales des hyphes dicaryophasiques des Asco- et Basidiomycètes.

Mme G. FELDMANN (24) montre que les rameaux verticillés tétrasporangifères de *Griffithsia flosculosa* suivent la règle et que leur origine n'est pas endogène.

S. VILLERET (45) décrit une forme coralloïde de *Stigonema* se rattachant à *S. turfaceum* et ayant l'aspect de *St. mesentericum*; il suppose qu'il s'agit d'un simple stade de sénescence.

La *Systématique* des algues marines s'enrichit d'une nouvelle *Griffithsia* que J. FELDMANN (26) drague en Méditerranée.

Le même Algologue (25) découvre un nouveau *Chondria* en Algérie et indique répartition et clef de détermination des 5 espèces nord-africaines.

De plus une importante contribution à la Cytologie, à la Morphologie structurale et à la Systématique des Scytosiphonacées (27) lui permet de les séparer nettement des Punctariales et de créer l'ordre des Scytosiphonales. Ce nouvel ordre est caractérisé par des frondes à cellules uniplastidées, pourvues de pyrénoides et par l'absence de sporanges uniloculaires. L'ordre se place dans les *Isogeneratae polystichineae*: il comprend 3 familles *Phaeosaccionaceae* (nov. fam.), *Scytosiphonaceae* et *Chnoosporaceae*. La sexualité des algues de cet ordre et le cycle complet restent à établir car on ignore où s'opère la réduction chromatique.

P. BOURRELLY et P. FUSEY (6) en signalant des algues épizoïques et éphytes rares décrivent une nov. sp. de *Salpingoeca*.

Une mare acide de la forêt de Fontainebleau livre à l'un de ces auteurs (5) un nouveau genre de Xanthophycée: *Gaumiella*, Hétérococcale échinulée ressemblant à la chlorophycée: *Bohlinia*. L'examen des *Bohlinia* permet de ramener ce genre à *Franceia* et de créer pour une algue voisine le nov. gen.: *Pseudobohlinia* (Chlorococcale).

Dans une autre mare de la région parisienne P. BOURRELLY (8) trouve une Chrysophycée à structure de tétrasporale et possédant des pseudoflagelles gélatineux: il crée pour elle le genre *Heimiochrysis* type d'une nouvelle famille. Le même auteur dans une note (9) sur l'Algothèque du Muséum de Paris signale une nov. sp. de *Scenedesmus* (espèce vivant en tourbière acide) et une nov. comb. de *Carteria*.

L'étude biométrique d'*Euglena oxyuris* et des formes affines (7) (*E. Charkowensis*, *gigas*, *estonica*, *Allorgei*) lui permet de simplifier la taxonomie compliquée de ce groupe.

L'écologie des cyanophycées, gonidies de Lichen, s'enrichit d'une note de A. de PUYMALY (40); *Calothrix parietina*, dans *Placynthium nigrum* prend un aspect nostocoïde, mais en culture, il retrouve sa forme normale. L'auteur pense que cette déformation est induite par une action chimique du Champignon.

M. SERPETTE (44) analyse une série d'associations de Cyanophycées marines peuplant les sables, les vases, les rochers de la région de Barfleur, il en donne la composition floristique et les besoins écologiques.

P. DANGEARD (17) résume dans un important travail, les résultats floristiques de ses prospections sur la côte occidentale du Maroc. Il signale plus de 300 espèces (où dominent les Rhodophycées avec

190 sp.). Une centaine d'algues de Tanger ne se retrouvent pas au Maroc où la flore est un mélange d'espèces de mers tempérées et de mers chaudes. Il compare cette flore marocaine à celle, si différente des Canaries. Au cours de ce mémoire, quelques nouveautés systématiques des genres *Enteromorpha*, *Cystoseira*, *Gelidium*, *Plocanium*, *Gracilaria*, *Rhodomenia* et *Myriogramme* sont décrites et figurées.

Complétant une note de A. H. DIZERBO, E. FISCHER-PIETTE (30) précise les conditions de répartition de *Alaria esculenta* sur la côte bretonne, répartition liée à la pureté de l'eau agissant par sa transparence sur le facteur lumière.

F. BERNARD (4) continuant ses travaux sur les Coccolithophoracées montre l'importance de *Coccolithus fragilis* en Méditerranée où ce flagellé, présent de 10 m à 1000 m de profondeur, constitue, à Alger 60 % du volume du nannoplancton et atteint au large de l'Afrique la densité extraordinaire de 30 millions par l. L'auteur rappelle le cycle de vie de cet organisme en distinguant un cycle pélagique, un cycle néritique et un cycle d'eau profonde. Le passage de l'état flagellé (avec 2 formes très différentes) au stade palmelloïde et aux spores est observé avec précision, tandis que sont donnés les facteurs chimiques et physiques causes de ces changements d'état.

En eau douce, E. MANGUIN (38) se penche sur les variations saisonnières du plancton de la Seine en amont et en aval de Paris. Il compare ce potamoplancton à la flore microscopique des étangs voisins du fleuve et insiste sur son aspect allochtone et hétérogène. Il faut remarquer la découverte de *Dinobryon Behningii* Swir. dans l'eau de la Seine.

R. G. WERNER (50) donne une étude floristique des Diatomées des rivières marocaines et de la flore saumâtre de leurs embouchures.

S. VILLERET (46) analyse la flore de quelques étangs et collections d'eau acide de Bretagne.

R. CORILLION (15) distingue dans l'ouest de la France 4 associations de Charophytes: 1) *Charetum fragilis* en eau dystrophe ou oligotrophe 2) *Charetum fragiferae*, mésotrophe atlantique 3) *Charetum vulgaris*, eutrophe, calciphile, 4) *Nitellum hyalinae* dystrophe, oligotrophe.

En *Physiologie*, A. LWOFF et P. SCHAEFFER (36 et 37) montrent que les cultures d'*Euglena gracilis* en présence de streptomycine donnent des souches ayant perdues, d'une façon durable, leur chlorophylle. Le blocage du pigment semble s'expliquer par une analogie structurale des noyaux chimiques de la Chlorophylle et de la Streptomycine.

Travaillant sur le métabolisme de l'amidon chez *Polytomella coeca*, A. LWOFF, H. IONESCO et A. GUTMANN (35) démontrent que le glucose n'est pas un intermédiaire indispensable entre le Co^2 ou les composés carbonés organiques et les polysaccharides.

Poursuivant leur travaux M. LEFEVRE et H. JAKOB (34) précisent les propriétés des substances actives tirées des cultures d'algues d'eau douce. Ces substances dépendent entre autres, de l'âge de la culture et des conditions de celle-ci.

M. LEFEVRE (33) reprend la question de la toxicité des Cyanophycées (mortalité de bétail, nanisme des poissons; goût de vase etc.) et la compare à la propriété algostatique des filtrats de culture.

A. WURTZ (51) extrait d'une fleur d'eau à *Microcystis aeruginosa* un produit bactériostatique pour certains *Clostridium* anaérobies et éclaire ainsi le métabolisme assez mystérieux des vases.

G. DESRUISSEAUX et M. BAUDOUIN (20) pensent que la calcification des algues Marines, étudiée chez *Corallina officinalis*, se fait par un mécanisme voisin de celui du test des crustacés; une phosphatase alcaline en est un élément physiologique important.

En *Biochimie*, J. AUGIER (1) tire de la présence ou de l'absence de mannoglycérate de Sodium chez les Floridées, d'intéressantes données systématiques.

Le même chercheur, avec P. MASTAGLI (39) décèle dans *Poly-siphonia fastigiata* un dérivé phénolique riche en Brome.

J. BROUARDEL et E. RINCK (10 et 41) reprennent les expériences de SPINDLER et FREUNDLER sur la répartition du potassium et de l'iode chez *Laminaria flexicaulis*. Ils arrivent à des résultats tout différents qui leur permettent de nier la théorie de transmutation des éléments chez cette algue.

Chez les Laminaires J. ROCHE et M. LAFON (42) signalent la présence d'une diiodotyrosine voisine de celle de certains tissus animaux.

En *Limnologie*, P. VIVIER (48) dans une conférence faite à Lille, résume ses travaux sur l'action nocive des eaux résiduaires en rapport avec la biologie des cours d'eau.

P. FROMENT (31) étudie les variations du pH dans les eaux stagnantes et courantes des vallées tourbeuses alcalines du Nord de la France.

J. WAUTIER (49) donne une note sur la pratique de l'emploi de la méthode polygonale d'HUTCHINSON aussi bien pour exprimer les variations simultanées des facteurs du milieu que la dynamique des biocénoses. Les comparaisons des polygones établis à des saisons différentes pour les bassins filtrants d'eau de Seine d'Ivry démontrent parfaitement l'intérêt de cette méthode.

B. DUSSART (22) continue ses recherches sur le plancton du Lac Léman, et donne des relevés d'une vingtaine de pêches s'étendant sur une année. L'espèce caractéristique du phytoplancton est maintenant *Tabellaria fenestrata* qui remplace *Asterionella formosa* si commune du temps de FOREL (1904).

Dans le vaste domaine des *Algues microscopiques fossiles* G. DE-

FLANDRE (19) découvre un nouveau type de Silicoflagellidé (*Nothyocha*, nov. gen.) ayant une structure rappelant les radiolaires. Le même auteur (18) donne une révision complète de la famille des Calciodinellidées, groupant les péridiniens fossiles à thèque calcaire (en calcite prismatique). Cette famille groupe 6 genres (tous fossiles) dont 5 sont nouveaux. Deux autres nov. gen. aberrants, mais se rapprochant des péridiniens calcaires sont décrits. Une note de L. DANGEARD (16) signale la présence de nombreuses algues dans les calcaires dévoniens de la Manche, Algues microscopiques où l'auteur trouve une nov. sp. de *Sphaeroecodium* et des Girvanelles.

En terminant nous citerons une excellente mise au point de B. DUSSART (23) sur les *Techniques* de prises quantitatives du plancton et le mode de représentation des résultats. Dans cette note l'auteur étudie et critique les diverses méthodes de récolte et de numération du plancton.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) AUGIER, J. - Affinités biochimiques de trois Floridées: *Rhodochorton floridulum*, *Gelidium pulchellum*, *Catenella opuntia*. (Bull. Soc. Bot. France, 1949, t. 86, pp. 36).
- (2) BENESOVA, V. - Observations sur la nage de l'*Haematococcus pluvialis* Flot. (C. R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 228, pp. 1519-1521).
- (3) BENESOVA, V. - Fouets pleuromématés et disposition amphiconte chez *Haematococcus pluvialis* Flot. (C.R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 228, pp. 1883-84, 2 fig.).
- (4) BERNARD, F. - Remarques sur la biologie de *Coccolithus fragilis* Lohm., flagellé calcaire dominant du plancton méditerranéen. (Trav. Bot. dédiés à R. Maire, 1949; pp. 21-28, 2 fig.).
- (5) BOURRELLY, P. - *Gaumiella bellifontana*: un nouveau genre de Xanthophycée d'une mare de la forêt de Fontainebleau (Rev. Gén. Botanique, 1948, t. 55, p. 373-375, 3 fig.).
- (6) BOURRELLY, P et FUSEY, P. - Quelques algues épizoïques et épiphytes rares ou nouvelles (Bull. Soc. Bot. France, 1948, t. 95, pp. 331-334, 13 fig.).
- (7) BOURRELLY, P. - *Euglena oxyuris* Schmarda et formes affines (Bull. Muséum, 1949, t. 21, pp. 612-615, 2 fig.).
- (8) BOURRELLY, P. - Un nouveau cas de convergence morphologique entre Chrysophycées et Chlorophycées: *Heimiochrysis actinotrichia* (nov. gen. et sp.) (C.R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 228, pp. 272-273, 8 fig.).
- (9) BOURRELLY, P. - L'algothèque du Muséum: Notules algologiques 1-2. (Bull. Muséum, 1949, t. 21, pp. 757-760, 2 fig.).

- (10) BROUARDEL, J. et RINCK, E. - Sur de prétendues transmutations d'éléments constatées chez les végétaux: le potassium chez *Laminaria flexicaulis*. (C.R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 229, pp. 240-241).
- (11) CHADEFAUD, M. - Sur la morphologie des zoospores des Phéophycées (C.R. Acad. Sc. Paris, 1948, t. 227, pp. 1258-1260, 6 fig.).
- (12) CHADEFAUD, M. - Sur les anastomoses interfilamenteuses de la Floridée incrustante *Petrocelis cruenta*. (Bull. Soc. Bot. France, 1948, t. 95, pp. 365-367, 11 fig.).
- (13) CHADEFAUD, M. - Une diatomée marine à fucosane. (C.R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 228, pp. 270-271, 5 fig.).
- (14) CHADEFAUD, M. et FELDMANN, J. - Sur une coccolithophoracée des bacs de l'aquarium de la Station biologique de Roscoff. (Bull. Muséum, 1949, t. 21, pp. 617-621, 2 fig.).
- (15) CORILLION, R. - Les Associations de Charophycées de l'ouest et du Nord-Ouest de la France (C.R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 228, pp. 596-598).
- (16) DANGEARD, L. - Sur la présence de nombreuses algues dans les calcaires dévoniens de Bambigny (Manche) (Le Botaniste 1949, 34, pp. 87-88).
- (17) DANGEARD, P. - Les algues marines de la côte occidentale du Maroc (Le Botaniste, 1949, 34; pp. 89-189, 19 fig.).
- (18) DEFLANDRE, G. - Les Calciadinellidés, Dinoflagellés fossiles à thèque calcaire (Le Botaniste; 1949, 34, pp. 191-219, 37 fig.).
- (19) DEFLANDRE, G. - *Nothyocha* nov. gen. silicoflagellidé d'un type nouveau et aberrant d'allure radiolarienne (C.R. Acad. Sc. Paris 1949, t. 229, pp. 673).
- (20) DESRUISSEAUX, G. et BAUDOIN, N. - Sur le système phosphatasique d'une algue calcaire „*Corallina officinalis*” et sur son rôle physiologique (C.R. Soc. Biol., 1949, 143, pp. 519-520).
- (21) DUGHI, R. - Métachromatine et pseudo vacuoles des Cyanophycées (C.R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 228, pp. 1245-1247).
- (22) DUSSART, B. - Sur le plancton du Lac Léman (Arch. des Sc. 1948, 1, fasc. 3, pp. 417-427).
- (23) DUSSART, B. - Les techniques de prises quantitatives du Plancton et le mode de représentation des résultats. (Bull. Franç. Piscicul. 1949, p. 151-158).
- (24) FELDMANN, G. - Sur l'origine pseudo-endogène des rameaux verticillés tétrasporangifères du *Griffithsia flosculosa*. (Bull. Soc. Bot. France, 1949; 96, pp. 28-31, 2 fig.).
- (25) FELDMANN, G. - Une nouvelle espèce de *Chondria* des Côtes d'Algérie. (Trav. Bot. dédiés à R. Maire, 1949, pp. 95-101, 3 fig.).
- (26) FELDMANN, J. - Une nouvelle espèce méditerranéenne de *Griffithsia* (*Gr. Genovefae* nov. sp.). (Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord, 1948, t. 39; pp. 121-124, 2 fig.).

- (27) FELDMANN, J. - L'ordre des Scytosiphonales (Trav. Bot. dédiés à R. Maire, 1949, pp. 103-115, 3 fig.).
- (28) FELDMANN, J. et G. - Sur l'existence de synapses secondaires chez une Céramiacée. (Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du N., 1948, t. 39, pp. 125-128, 1 fig.).
- (29) FELDMANN, J. et SCHOTTER, G. - Sur la structure du pyrénocyste chez les Rhodophycées. (C.R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 228, pp. 196-198).
- (30) FISCHER-PIETTE, E. - Quelques remarques sur la répartition de l'Algue *Alaria esculenta*. (Bull. Labo. Marit. Dinard, 1949, 32, pp. 13-15).
- (31) FROMENT, P. - Contribution à l'étude du pH des milieux aquatiques de différentes vallées tourbeuses du Nord de la France. (Bull. Soc. Bot. Nord de la France, pp. 89-93).
- (32) HOVASSE, R. - Contribution à l'étude des Chrysomonadines. (Le Botaniste, 1949, 34, pp. 243-274, 30 fig.).
- (33) LEFEVRE, M. - Sur les propriétés peu connues de certaines algues d'eau douce et leurs possibilités d'applications (Bull. Soc. Bot. Nord de la France, 1949, 2, pp. 86-89).
- (34) LEFEVRE, M. et JAKOB, H. - Sur quelques propriétés des substances actives tirées des cultures d'Algues d'eau douce (C.R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 229, pp. 234-236).
- (35) LWOFF, A., IONESCO, H. et GUTMANN, A. - Métabolisme de l'amidon chez un flagellé sans chlorophylle incapable d'utiliser le glucose. (C.R. Acad. Sc., Paris, 1949, t. 228, pp. 342-344).
- (36) LWOFF, A. et SCHAEFFER, P. - Remarques sur une analogie structurale entre Streptomycine et Chlorophylle. (C.R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 228, pp. 511-513).
- (37) LWOFF, A. et SCHAEFFER, P. - La décoloration d'*Euglena gracilis* par la Streptomycine. (C. R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 228, pp. 779-781).
- (38) MANGUIN, E. - Recherches sur l'origine du phytoplancton de la Seine en 1943-44. (Comm. Scient. Bass. Seine; Trav. biol. pp. 37-44; 2 fig. 1949.).
- (39) MASTAGLI, P. et AUGIER, J. - Etude de la structure du composé phénolique contenu dans *Polysiphonia fastigiata* (C.R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 229, pp. 775-776).
- (40) de PUYMALY, A. - L'algue du *Placynthium nigrum* Gay; son aspect dans le Lichen et à l'état de vie indépendante. Considérations sur la symbiose lichénique. (Le Botaniste, 1949, 34; pp. 351-359, 7 fig.).
- (41) RINCK, E. et BROUARDEL, J. - Sur les prétendues transmutations d'éléments constatées chez les végétaux: l'iode chez *Laminaria flexicaulis* (C.R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 228, pp. 263-265).
- (42) ROCHE, J. et LAFON, M. - Sur la présence de diiodotyrosine dans les Laminaires. (C.R. Acad. Sc. Paris, 1949, t. 229, pp. 481-482).

- (43) SERPETTE, M. - Morphologie de *Homeothrix balearica* (Born. et Fl.) Lemm. et fonction des hétérocystes chez les Algues bleues. (Bull. Soc. Bot. France, 1948, t. 95, pp. 295-300; 10 fig.).
- (44) SERPETTE, M. - Les Cyanophycées marines dans la région de Barfleur. (Bull. Soc. Linn. Normandie, 1949, t. 6, pp. 10-12).
- (45) VILLERET, S. - Les thalles coralloïdes chez les stigonemacées (Cyanophycées). (Bull. Soc. Sc. Bretagne, 1948, t. 23, pp. 94-96, 4 fig.).
- (46) VILLERET, S. - Note algologique: Contribution à la connaissance de la flore algologique des environs de Rennes (I. et V.) (Bull. Soc. Sc. Bretagne, 1948, t. 23, pp. 85-92; 7 fig.).
- (47) VILLERET, S. - La kéritomie et la fragmentation du thalle chez l'oscillaire: *Oscillatoria Borneti* (Bull. Soc. Sc. Bretagne, 1948, t. 23, pp. 81-84, 1 pl.).
- (48) VIVIER, P. - L'action nocive des eaux résiduaires sur la biologie des cours d'eau. (Bull. Soc. Bot. Nord de la France, 1949, t. 2, pp. 81-85).
- (49) WAUTIER, J. - Procédé graphique d'expression de l'évolution des biotopes et de la dynamique des biocoénoses. (Bull. Biolog. France et Belg., 1949, t. 83, pp. 189-205, 10 fig.).
- (50) WERNER, R. G. - Contribution à l'étude algologique de quelques rivières marocaines. (Le Botaniste, 1949, 34; pp. 367-374).
- (51) WURTZ, A. - Propriétés particulières d'une fleur d'eau de Cyanophycée: *Microcystis aeruginosa*. (Bull. Soc. Bot. France, 1949, t. 96, pp. 50-51).
(Laboratoire de cryptogamie du Museum National d'Histoire Naturelle de Paris).

Bibliography

- MARTINS D'ALTE, J. A., O aparecimento de "Euastrum didelta" e de "Cosmarium crenatum for. Boldtiana" em Portugal, *Publ. Inst. Bot. Un. Porto*, no. 40, 1949, 4 p., 7 fig.
Occurrence in Portugal of *Euastrum didelta* and *Cosmarium crenatum* f. *Boldtiana*. Note on two Desmidian species not yet recorded from Portugal.
- MARTINS D'ALTE, J. A., Liste des Zygnémacées connues au Portugal, *Publ. Inst. Bot. Un. Porto*, no. 11, 1945, 8 p.
List of Zygnemaceae known from Portugal. Seventeen species are listed.
- NEWCOMBE, C. L., Attachment materials in relation to water productivity, *Trans. Am. Microsc. Soc.* 68, 1949, no. 4, 355—361, 3 tables.
- NEWCOMBE, C. L., An Analysis of the vertical distribution of temperature in a dichotermic lake of southeastern Michigan, *Ecology*, 30, 1949, no. 4, 443—449, 3 fig., 4 tables.
- NEWCOMBE, C. L., An Application of the allometry equation to the study of growth in *Callinectes sapidus* Rathbun, *Amer. Nat.*, 82, 1948, 315—325, 3 fig., 2 tables.
- NEWCOMBE, C. L., Treasures in troubles waters, the plight of the Oyster, *Sci. Monthly*, 70, 1950, no. 2, 6 pp., 7 fig.
The present and the past of oyster farming in the Chesapeake, with suggestions regarding the measures to be taken to stop the decline of this industry.
- PACAUD, A., Les Amphipodes de la faune nutritive des eaux douces françaises, *Bull. Fr. Pisciculture*, no. 136, 1945, 105—120, ppl. IV—V.
The Amphipods of the nutritive fauna of french fresh-waters. A biological survey of the french fresh-water Amphipods, with a short systematical account.
- PACAUD, A., Température et relations de nutrition dans les biocénoses limniques, *Bull. Soc. Centr. Aquic. et Pêche*; IV, 1948, 5 pp., 4 fig.
Temperature and nutrition relations in limnic biocenoses.
- PACAUD, A., Données expérimentales sur les matériaux non végétaux dans le régime alimentaire de *Planorbis* (*Coretus*) *corneus* Linné, *Bull. Soc. Zool. France*, 74, 1949, 136—139.
Experimental data on non-vegetable matters in the food of *Planorbis* (*Coretus*) *corneus* Linné. This species is rather saprophagous than vegetarian being particularly fond of liquid or coagulated blood; among other conclusions, this could help to synthetize a portion of hemoglobin found in its blood, from elements of an origin that is alien, coming from other organisms.

- PACAUD, A., Contribution à l'étude de l'adaptation de divers organismes aquatiques à l'appauvrissement périodique du milieu en oxygène, *Verh. Int. Ver. theor. angew. Limnol.*, 10, 357—363, 1949, 4 fig., 4 tables.
Contribution to the study of the adaptation of the various aquatic organisms to the periodical decline of oxygen in their milieu.
- GUELIN, A., La survie du bacille typhique Vi et de son bactériophage dans l'eau, *Ann. Inst. Pasteur*, 78, 1950, 5 pp.
The survivance of the typhus-bacillus Vi and of its bacteriophag in water.
- PACAUD, A., Données d'ensemble sur la répartition géographique des Gammarides dans les eaux continentales françaises, *Cpte R. Somm. Séances Soc. de Biogéographie*, no. 188-189-190, 1945, 7 pp.
General data on the geographical distribution of Gammarids in french continental waters.
- ANGELIER, C., La faune hydracarienne des pièces d'eau du Laboratoire d'Hydrobiologie du Centre National de la Recherche scientifique à Gif-sur-Yvette, *Trav. Lab. Gif-sur-Yvette, J. Rech. Centre Nat. Rech. Scient.* no. 10, 1950, 8 pp., 9 fig.
The Hydracarian fauna of the ponds of the Hydrobiological Laboratory at Gif-sur-Yvette. Twenty-six species are listed.
- PACAUD, A., Relations topographiques et signification fonctionnelle de la localisation du glycogène dans le mésentéron de larves de „Simulium” (Diptères) au dernier stade, *C. R. séances Acad. Sci.*, 228, 1949, 1664—1665.
Topographic relations and functional significance of the glycogen localisation in the mesenteron of the last instar larvae of Simulium (Diptera).
- VAN CAMPO, H., Recherche sur l'apport du pollen atmosphérique dans les eaux de la Seine aux abords du Bois de Boulogne, *J. Rech. Centre Nat. Rech. Scient.*, 23—27, 3 fig.
Research on the presence of the atmospheric pollen in the Seine near the Bois de Boulogne.
- GUELIN, A., Etude du bactériophage typhique Vi hors du laboratoire, *J. Rech. Centre Nat. Rech. Scient.*, no. 10, 1950, 3 pp.
Study of the typhic bacteriophag Vi outside the laboratory.
- BEAUCHAMP, P. DE, Quelques Bryozoaires observés près des Stations Hydrobiologiques du C.N.R.S., *J. Rech. Centre Rech. Scient.*, no. 9, 1949, 1 p.
Some Bryozoa observed near the hydrobiological stations of the Centre of Scientific Research.
- PACAUD, A., Elevages combinés mollusques-cladocères, introduction à l'étude d'une biocénose limnique, *J. Rech. Centre Rech. Scient.*, no. 9, 1949, 16 pp., 3 tables.
Combined rearing of Molluscs and Cladocera, an introduction to the study of a limnic biocenose. Experiments proving that the digestive activity of Molluscs and especially the nature of their food are of a very great importance to the associated Cladocera.

Travaux de la rubrique Biologie, Etudes biocoenotiques (Zoologie et Botanique), cahier 11, *Commission du Bassin de la Seine, Union Géodésique et Géophysique Internationale*, 1949.

Contents of no. 11: FAURÉ-FREMIET, E., Faune infusorienne littorale de la Seine à Port-Marly; GRENIER, P., Quelques remarques sur la biologie larvaire d'une Simulie, *S. (Eusimulium) costatum* Fried., peuplant certains ruisseaux du Bois de Meudon; PACAUD, A., Donnée, écologiques sur les sources, suintements et ruisseaux du Bois de Meudon, 2e cycle d'observations: le réseau hydrographique constitué par les émissaires des Etangs de Trivaux, de Villebon et du Tronchet; VAN CAMPO, M., Recherches sur l'apport de pollen atmosphérique dans les eaux de la Seine aux abords du Bois de Boulogne; JOVET, P., Végétation en 1944 du Lac Supérieur du Bois de Boulogne (asséché depuis 1941); MANGUIN, E., Recherches sur l'origine du phytoplancton de la Seine (1943—1944).

BALDI, E., La situazione attuale della Limnologia dopo il Congresso di Zurigo *La Ricerca Scientifica*, 19, 1949, no. 1—2, 3—12.
The present situation of Limnology after the Zurich Congress.

BALDI, E., La situation actuelle de la recherche limnologique, après le Congrès de Zurich, *Rev. Suisse Hydrol.* 11, 1949, 3/4, 637—649.
Discussion of the activity and the results of the Xth international Limnological Congress, Zurich 1948.

BALDI, E., Difficoltà attuali della ricerca limnologica, *Riv. Svizzera Idrol.*, 11, 1949, 3/4, 563—582.
The present difficulties of limnological research. The writer points out that the study of the edaphic, climatic and morphometric factors and of their influence on productivity and evolution of a lake, is encountering many difficulties; that the mere identification of matters dissolved in water leads to a unilateral presentation of facts and to a uncorrect representation of the actual quantitative relations; further, that the methods used for quantitative evaluation of the biological productivity are unadequate.

TONOLLI, V., Il *Mixodiatomus laciniatus* della Charca de Lloroza (Spagna), *P. Inst. Biol. Apl.*, 6, 1949, 145—155, 1 fig., 3 tables.
Mixodiatomus laciniatus from Charca de Lloroza, Spain. Comparison between examples from the above locality and those from Lago Maggiore. The former are on an average smaller and more variable, especially the females.

TONOLLI, V., Isolement et stabilité en des populations de Diaptomides d'haute montagne, *Verh. Int. Ver. theor. angew. Limn.*, 10, 1949, 496—503.
Isolation and stability in Diaptomid populations in high mountains. The writer proves the endemism through isolation in alpine lakes of *Arctodiatomus bacillifer* Koelb. and studies the phenotypical variation in the seasonal cycles. Temperature seems to be the main factor influencing the differentiation.

BALDI, E., Différents mécanismes d'isolement au sein de populations de crustacés planktiques, *La Ric. Scientif.*, 19, 1949, suppl., 6 pp.
The various isolating mechanisms in planktonic crustacean populations. A short summary of the results obtained by the staff at Pallanza.

Dr W. JUNK, PUBLISHERS, THE HAGUE, NETHERLANDS

HERBERTIA

the year book to the increase and diffusion of knowledge about the amaryllids (Amaryllidaceae).

Vol. I (1934) to XV (1948) 3154 p. w. 8 portraits,
1 colorplate, 247 plates and 288 text figs. . . f 280.—

PLANT LIFE

the periodical devoted to the increase and diffusion of knowledge concerning plants.

Vol. I to IV and in combined edition with
Herbertia vol. V (1949) and vol. VI (1950) . . f 94.—

Traub, Hamilton P. and Harold N. Moldenke,
Beltsville, Md., Amaryllidaceae: Tribe Amaryllideae, 1949, 194 p. with 18 fig. . . . bound f 18.—

Norton, Stuntz and Ballard, Descriptive
Catalogue of Hemerocallis clonis 1893—1948, X
and 90 p. incl. one illustr. f 7.—

CIENCIA E INVESTIGACIÓN

Revista patrocinada por la Asociación Argentina
para el progreso de las Ciencias

Editores:

E. Braun-Menéndez, V. Deulofeu, E. E. Galloni, H. J. Harrington,
J. T. Lewis, L. R. Parodi, P. O. Wolff

Current volume VI (1950) one volume (12 nrs.) f 27.—

Sole representative for all Europe:

Dr W. JUNK, Publishers, The Hague, The Netherlands

Non

CONTENTS

G. VAN BENEDEN. Contribution nouvelle à l'étude des ferrobacteriacées (Première partie)	I
E. FAURÉ-FREMIET. Associations infusoriennes à Beggiatoa	65
KAJ BERG. Notes on some large Danish springs	72
A. S. KHAN. On the occurrence of Physolinum Monile (De Wildeman) Printz in England	79
T. T. MACAN. The taxonomy of the British species of Siphonuridae (Ephem.)	84
J. W. G. LUND. Contributions to our knowledge of British algae	93
P. BOURRELLY. Activités algologique et limnologiques en France pendant l'année 1949	101
Bibliography	110

Prix de souscription d'un volume (env. 400 p. en 4 fasc.) . . . fl. holl. 40.—

Subscription price for the volume (about 400 pp. in 4 parts) Dutch fl. 40.—

Abonnement pro Band (ca. 400 Seiten in 4 Heften) . . . Holl. fl. 40.—